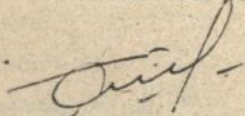


На правах рукопису

ГОМОН Святослав Степанович



МІЦНІСТЬ І ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗГІНАЛЬНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ ЗА НЕБАГАТОКРАТНО-ПОВТОРЮВАНИХ НАВАНТАЖЕНЬ
І ТРИВАЛОЇ ДІЇ ВОЛОГОГО СЕРЕДОВИЩА

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

ПОЛТАВА 1996 р.



Робота виконана на кафедрі інженерних конструкцій
Українського інституту інженерів водного господарства

- | | |
|--------------------|---|
| Науковий керівник | - кандидат технічних наук,
професор Л. П. Макаренко |
| Офіційні опоненти | - доктор технічних наук,
професор Фоміца Л. М.
- кандидат технічних наук,
доцент Фенко Г. О. |
| Ведуча організація | - Рівненський державний проек-
тний інститут містобудування
"Рівненський Діпроміст" |

Захист дисертації відбудеться "13" 07 1995 р.
о 13 годині на засіданні спеціалізованої ради Д 05.02.01
при Полтавському технічному університеті за адресою:
314601, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці універ-
ситету.

Відгуки на автореферат просимо надсилати на ім'я вчено-
го секретаря у двох екземплярах, завірені печаткою.

Автореферат розіслано "13" 06 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради

В. О. Бондар

AB - 32.555 3

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з найважливіших напрямків науково-технічного прогресу в будівництві є забезпечення надійності будівельних конструкцій. Серед низки напрямлень, що забезпечать виконання цієї задачі, є вивчення роботи бетонних і залізобетонних елементів за умов максимально наближених до реальних.

В зв'язку з цим, все більше значення набувають питання по удосконаленню розрахунку і проектування будівельних конструкцій і споруд. Велике практичне значення мають дослідження напружено-деформованого стану, деструкції, міцності та деформативності бетонних і залізобетонних елементів, що зазнають тривалого зволоження за короткочасних чи малоциклових навантажень різної інтенсивності, так як в процесі експлуатації багато залізобетонних конструкцій знаходяться в аналогічних умовах (лотки водоводів, стінки шлюзів, елементи конструкцій резервуарів, лицевальні плити каналів, конструкції цивільних і промислових будов та споруд за нетривалого випадкового замочання і інші.).

Проте, раніше проведені дослідження не повністю охоплюють всі випадки роботи бетонних і залізобетонних елементів залізобетонних конструкцій, особливо за сумісної дії на них силових і несилових факторів. Робота бетонних і залізобетонних елементів залізобетонних конструкцій, що зазнають нетривалого чи тривалого зволоження за малоциклових короткочасних навантажень не досліджена зовсім.

Діючі норми проектування (СНІП 2.03.01-84^н, СНІП 2.06.08-87) практично враховууть тільки зміни в роботі еле-

ментів конструкцій за багатоциклових навантажень і то лише до розрахунку по першій групі граничних станів. Тому експериментально-теоретичні дослідження роботи бетонних і залізобетонних елементів за короткочасних чи малоциклових навантажень і нетривалого чи тривалого зволоження вимагають більш детального вивчення.

Мета дисертаційної роботи - дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних згинальних елементів за сумісної дії вологи і малоциклових навантажень, розробок пропозицій по їх врахуванні.

Дана дисертаційна робота - один з етапів комплексної програми по вдосконаленню будівельних конструкцій та методів розрахунку на основі більш глибокого вивчення їх дійсної роботи і фізико-механічних властивостей матеріалів, що виконана кафедрою інженерних конструкцій Українського інституту інженерів водного господарства (N реєстрації 80070996, протокол N 15 від 7 березня 1986 року). Вона входить в склад досліджень кафедри по проблемі "Робота бетону і залізобетону за малоциклових короткочасних і тривалих навантажень" у відповідності з рішенням Всесоюзної координаційної наради секції теорії залізобетону Ради по координації НДР в області бетону і залізобетону Держбуду СРСР, яка відбулася 12-14 липня 1984 року в м. Рівне.

Автор захищає:

- результати експериментальних досліджень роботи бетону в умовах короткочасного і малоциклового стиску та різного по тривалості зволоження;
- пропозиції опису основних фізико-механічних і дефор-

мативних характеристик за спільної дії нетривалого або тривалого зволоження і короткочасного або малоциклового навантаження;

- результати досліджень проникнення води в бетон;
- результати експериментальних досліджень міцності та деформативності залізобетонних згинальних елементів в умовах короткочасної або малоциклової дії силових навантажень і тривалого зволоження;

- пропозиції врахування спільного впливу зволоження та короткочасного або малоциклового навантаження до розрахунку залізобетонних елементів по двох групах граничних станів.

Наукову новизну роботи складать:

- експериментальні дані про роботу бетону в умовах короткочасного або малоциклового стиску та тривалого зволоження;

- експериментальні дані досліджень проникнення води в бетон;

- результати експериментально-теоретичних досліджень міцності і деформативності згинальних залізобетонних елементів за умов короткочасного або малоциклового навантаження після тривалого зволоження;

- пропозиції врахування поперечних розмірів конструкції до розрахунку на міцність після тривалого зволоження бетону;

- пропозиції опису основних фізико-механічних і деформативних характеристик бетону за спільної дії тривалого або короткочасного зволоження та короткочасних або малоциклових навантажень;

- пропозиції врахування тривалого зволоження та корот-

кочасного або малоциклового навантаження до розрахунку бетонних і залізобетонних елементів по двох групах граничних станів.

Практичне значення роботи заключається в тому, що експериментально одержані дані про роботу бетону і залізобетонних згинальних елементів за тривалого або короткочасного (випадкового) зволоження та малоциклового навантаження. Розроблені рекомендації до розрахунку залізобетонних згинальних елементів за малоциклових навантажень після тривалого зволоження. Запропонований метод дав можливість підвищити надійність експлуатації залізобетонних конструкцій.

Апробація. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на:

Всесоюзних науково-технічних конференціях в м. Новочеркаськ (25-29 вересня 1989р.), м. Суми (25-28 вересня 1991р.)

Республіканських науково-технічних конференціях в м. Севастопіль (1986 р.) та м. Полтава (1989 р.).

Пяти обласних науково-практичних конференціях в м. Рівне і м. Черкаси (1985 - 1992 рр.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані в 12 друкованих роботах.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти глав, загальних висновків та пропозицій і списку літератури з 110 найменувань. Робота викладена на 176 сторінках, що включають до свого складу 45 таблиць і 36 рисунків.

ЗМІСТ РОБОТИ

Експериментально-теоретичному вивченню впливу зволоження бетону на його фізико-механічні характеристики приділяли

увагу в своїх роботах Александровський С. В., Берг О. Я., Гузев В. А., Данілов І. З., Мальцев К. А., Макаренко Л. П., Москвін В. М., Неделя М. М., Прокопович І. С., Ребіндер П. О., Серих Р. Л., Цілосані З. Н., Фенко Г. О., Чорна Л. В. та інші. Було встановлено, що зволоження істотно змінє міцності та деформативні властивості бетону в залежності від тривалості зволоження і ряду інших факторів.

Роботи Аверіна Д. А., Амслера, Арутюнова Т. А., Брилінга Р. С., Кирилова А. П., Ребіндера П. О. та інших присвячені вивченню проникнення рідин і пористості тіл, і базуються в більшості, на візуальному спостереженні чи громіздкому (великої вартості) обладнанні, котрі, все ж таки, не дають можливості вести спостереження за гребнем переміщення вологи в пористому тілі.

Вивченню впливу малоциклових навантажень на роботу бетонних та залізобетонних елементів велику увагу приділили Барашиков А. Я., Бабич Є. М., Залесов О. С., Клименко Ф. Є., Макаренко Л. М., Погореляк А. П., Руденко В. В., Ставров Г. Н., Стороженко Л. І., Шевченко Б. М. та інші.

Аналіз показав, що вирішені деякі питання зв'язані з роботами бетонних та залізобетонних елементів за тривалого і нетривалого зволоження, а також в умовах малоциклового навантаження.

Проблема вивчення тривалих процесів в бетонному масиві складається з трьох основних задач:

I. Достовірне вивчення процесів, що відбуваються в бетонному чи залізобетонному масиві і виявлення багаточисельних факторів, які впливають на їх розвиток.

2. Розкриття суті процесів, що відбуваються.

3. Опис проходження цих процесів за допомогою методів механіки та математики за різних зовнішніх та внутрішніх умов, і визначення їх впливу на напружено-деформативний стан різних бетонних та залізобетонних елементів.

На основі огляду та необхідності рішення основних проблемних задач були сформовані завдання досліджень.

Методика експериментальних досліджень.

В якості основних зразків для визначення основних фізико-механічних властивостей під час тривалого зволоження служили призми 200x200x800, 150x150x600, 100x100x400, 40x40x160 мм. Бетонування проводилося в горизонтальних формах.

Зразки, що використовувалися для вивчення спільного впливу млоциклових навантажень і тривалого зволоження на роботу бетону, були прийняті розміром 150x150x600, 100x100x400 мм.

Для бетонної суміші використовувався сірий дрібнозернистий гранітний щебінь Клесівського кар'єру з об'ємною масою $\gamma = 1420 \text{ кг/м}^3$, фракція 5.10-10.20. Модуль крупності піску $M_x = 1,22$. Цемент Новоздолбунівського цементного заводу. Склад бетонної суміші Ш:П:Ц=3,29:1,75:1 з водоцементним відношенням В/Ц=0,52. Для затворення суміші приміненна була звичайна вода.

Залізобетонні балки з прямокутною формою перерізу в h 1=120 80 1400 мм, армовані каркасом з одиноков повздовжньов арматуров класу А-III $\emptyset 8$, $\emptyset 10$, $\emptyset 12$ мм.

Бетон у всіх серіях природнього твердіння.

В першій серії торці частини призми були гідроізолюва-

ні. Зволоження призм проводилося в вертикальному положенні, з метов рівномірного набрякання по периметру зразка, а балок зі сторони стиснутої зони бетону. Балки зволювалися за допомогою вологої тирси. Бокові поверхні були гідрозольовані за допомогою трьох шарів резинового клею.

Під час дослідження опору бетону стиску випробовувалися як сухі так і зволожені призми, на протязі 2-х, 4-х, 6-ти, 8-ми, 30-ти, 1-67-ми діб. Зволоження бетону почалося в віці 90 діб.

Дослідження роботи бетонних і залізобетонних елементів за малоциклових навантажень прийнято в умовах тривалого, на протязі 2-4 діб, зволоження бетону дворічного віку. Малоциклове навантаження проводилося в режимах $(\eta_H - \eta_B) = (0 - 0,4), (0 - 0,5), (0 - 0,6), (0 - 0,65), (0 - 0,7), (0 - 0,75), (0,3 - 0,5), (0,3 - 0,6), (0,3 - 0,65), (0,3 - 0,7)$.

Навантаження на балку прикладалось ступенями $0,1 R_{\max}$ через розподільну траверсу у вигляді двох зосереджених сил. Режим прикладення малоциклового навантаження на балки прийнятий $(\eta_H - \eta_B) = (0,3 - 0,6)$. Розрахункове число циклів прикладення небагатократно-повторюваного навантаження прийнято рівним 10.

Всього було випробувано 88 кубів, 140 призм і 20 балок.

Експериментально-статистичні дослідження опору бетону стиску за тривалого зволоження.

За результатами випробувань призми розмірами $200 \times 200 \times 800$, $150 \times 150 \times 600$, $100 \times 100 \times 400$, $40 \times 40 \times 160$ мм, які зберігалися спочатку в природніх умовах, а потім зволювалися на протязі 2 - 67 діб, було встановлено пониження призмової міцності бетону на 2 - 4 добу зволоження на 14, 19, 25, 32 %. Отрима-

ні дані на різних по розміру призмах вказують на вплив масштабного фактору на міцність зволоженого бетону. Призмova міцність зволоженого бетону з врахуванням цього фактору може бути встановлена по формулі:

$$R_B^W = K_B^W R_B \sqrt[3]{\frac{B}{1,075 B + 2,129 R_B}} \quad (1)$$

де B - середнє значення поперечного розміру призми.

Цементний камінь важкого бетону, насичений водом, збільшується в об'ємі, набрякаючи, а коли висихає - зменшується. При цьому, заповнювач в важких бетонах мало піддається усадці-набряканню і перешкоджає збільшенню (зменшенню) цементного каменя. Внутрішньоструктурні напруження, що виникають при цьому, після повної усадки (набрякання), на основі структурної моделі бетону, запропонованої Макаренко Л.М.,

можна визначити по універсальній формулі:

$$\sigma_{1tr}^{sh-w} = \frac{E_{1tr}}{1 + \varphi_{1tr}} (\epsilon_{bt}^{sh} - \epsilon_{1tr}^{sh}) - \frac{E_{1tr}}{1 + \varphi_{1t_1\tau_1}} \times \\ \times (\epsilon_{bt_1\tau_1}^W - \epsilon_{1t_1\tau_1}^W), \quad (2)$$

де φ_{1tr} , $\varphi_{1t_1\tau_1}$ - коефіцієнти пластичності бетону і розчинної складової.

Ці внутрішньоструктурні напруження найбільш суттєво впливають на призмovu міцність бетону за стиску, збільшуючи або зменшуючи її в залежності від чотирьох випадків стану бетону:

- 1-й - часткова (поверхнева) усадка бетону;
- 2-й - повна (по всьому об'єму) усадка бетону;
- 3-й - часткове (поверхнєве) набрякання бетону;
- 4-й - повне (по всьому об'єму) набрякання бетону.

В залежності від цього, в 1-му і 4-му випадках внутрішньоструктурні напруження набрякання (усадки) збільшують призмovu міцність, а в 2-му і 3-му випадках - зменшують.

Експериментально-статистичні дослідження напружено-деформованого стану бетону з великою достовірністю показують наявність кусково-лінійних кореляційних залежностей між сі-кучим модулем поздовжніх (поперечних) пружньо-пластичних де-формацій та рівнем напружень ($E_1' - \eta$), ($E_{Lr}' - \eta$) і відповіда-ють кусково-гіперболічним залежностям відповідно ($\sigma_1 - \epsilon$), ($\sigma_{Lr} - \epsilon$). Встановлено, що на кусково-лінійну залежність ($E_1' - \eta$) на малих рівнях зовнішніх навантажень до (0,3-0,4) P_{max} , великий вплив чинять внутрішньоструктурні напруження часткового або повного набрякання, а точка "перелому" пря-мих в діаграмі - точкою погашення цих напружень.

Напружено-деформований стан тривало-зволожених бетонів
за малоциклових навантажень.

По кожному, прийнятому в дослідженнях, режимі наванта-жень випробовувалося не менше, ніж по три зразки-близнята. Для випробування була прийнята слідувча маркировка зразків, наприклад: П15СВ2($\eta_H - \eta_B$), де П15 - призма з розмірами попе-речного перерізу 15 см, С - зберігання зразка на протязі двох років в нормальному температурно-вологому режимі, В2 - безпосередньо перед випробуванням зразок на протязі двох діб зволожувався, η_H - нижній рівень завантаження малоцикло-вим навантаженням, η_B - верхній рівень завантаження. Випробу-вання призм проводилося після 2-х добового зволоження, так як в даному режимі робота бетону знаходиться в самих гірших умовах експлуатації.

Аналізуючи діаграми ($\sigma - \epsilon$) на різних рівнях заванта-ження, напрошується висновок, що вони нелінійні. При першому завантаженні графік має випуклість до осі напружень, а на слідувчих циклах завантаження-розвантаження змінює знак кри-

визни і випуклість направлена до осі деформацій. Ці зміни проходять на другому циклі завантаження. Внаслідок деструктивних процесів, які проходять при завантаженні-розвантаженні, порушуються внутрішньоструктурні зв'язки цементного каменю з крупним заповнювачем. При цьому, після розвантаження, проходить збільшення залишкових поздовжніх пластичних деформацій бетону, протилежного знаку поздовжнім деформаціям стиску. Така післядія обумовлюється внутрішньоструктурними напруженнями набрякання розчинної складової, яка намагається збільшитися в об'ємі, тобто, після руйнування стримувчих зв'язків зовнішньою силою, розчинна частина бетону намагається "розвантажитися" від стискувальних навантажень набрякання. Найбільших значень поздовжні залишкові деформації післядії досягають в бетонних зразках з рівнем напружень від зовнішніх навантажень $(\eta_H - \eta_B) = (0 - 0,6)$, $(0,3 - 0,65)$. Для призм з рівнем навантажень $(0,3 - 0,6)$ поздовжні залишкові деформації відновлення після зняття навантажень не спостерігаються, так само, як і на рівні $(0 - 0,7)$, а на рівні $(0 - 0,7)$ найбільших значень вони досягають після другого циклу, а потім поступово зменшуються.

Пружно-пластичні поздовжні деформації з кожним наступним циклом завантаження при максимальних напруженнях циклу, в одних випадках, з кожним циклом збільшуються, в других - зменшуються. Поперечні залишкові деформації у всіх випадках завантажень поступово накопичуються. І при тому, чим вищий верхній рівень, тим інтенсивніше. Різке збільшення, з кожним циклом, поперечних пружно-пластичних деформацій бетону на рівнях завантаження: $(\eta_H - \eta_B) = (0 - 0,75)$, $(0,3 - 0,7)$ призм розмірами $15 \times 15 \times 60$ см та рівнях $(\eta_H - \eta_B) = (0 - 0,65)$ призм розмірами $10 \times 10 \times 40$ см, приводить до швидкого їх руйну-

вання на одному з циклів, що менше чи дорівнює 10.

Статистичний обробка одержаних експериментальних даних на ПЕВМ підтвердила лінійну залежність ($E' - \eta$) по поздовніх і поперечних деформаціях і високий рівень відповідності кореляційних і дослідних значень, як при навантаженні так і при розвантаженні. Дослідні кореляційні залежності ($E' - \eta$) відповідно відповідають гіперболічним залежностям між деформаціями і напруженнями. Кореляційна лінійна залежність ($E'_1 - \eta$) існує для кожного із циклів завантаження при роботі бетону з нижнім рівнем малоциклового навантаження $\eta_H = 0$, крім першого, де під час навантаження існує кусково-лінійна залежність. Для зволоженого бетону, який працює за малоциклових завантажень з нижнім рівнем $\eta_H = 0,3$, кореляційні лінійні залежності додержуються для всіх циклів завантаження-розвантаження, крім першого та останнього. В останньому циклі, при даному рівні, призма розвантажувалася до $\eta_H = 0$, а потім навантажувалася до руйнування. Залежність ($E'_1 - \eta$) тут набирає S-подібний характер. Діаграми ($E'_1 - \eta$) за малоциклових навантажень на першому циклі мають ниспадаючий напрям, а починаючи з другого - висхідну. Ці зміни пояснюються ущільненням бетону і погашенням внутрішньоструктурних власних напружень при першому ж навантаженні.

Експериментально-статистичні дослідження залежностей між максимальними, при η_B , сумарними пружно-пластичними деформаціями $\epsilon_{1,\max}$ і кількістю циклів N , а також між залишковими, при η_H , деформаціями $\epsilon_{1,\min}$ та N показують наявність лінійних кореляційних залежностей ($\epsilon_{1,\max} - N$) і ($\epsilon_{1,\min} - N$) у вигляді:

$$\epsilon_{1,\max}(N) = \epsilon_{1,\max}(1) [1 + \alpha (N - 1)] ; \quad (3)$$

$$\epsilon_{1,\min}(N) = \epsilon_{1,\min}(1) [1 + \alpha (N - 1)] . \quad (4)$$

де α - коефіцієнт кутового похилу кореляційної прямої до осі "ε".

Одержані вище залежності дають можливість аналітично визначити поздовжні відносні пружно-пластичні деформації на будь-якому циклі "завантаження-розвантаження" для будь-якого рівня напружень η в межах $\eta_H \leq \eta \leq \eta_B$ за формулами:

$$\varepsilon_{N,\sigma} = \varepsilon_{\min,1} [1 - \alpha(N - 2)] + \frac{\sigma}{E_{o(N)}} \left(1 \pm \lambda_{R_b} \eta \right) \quad (4)$$

$$\bar{\varepsilon}_{N,\sigma} = \varepsilon_{\max,1} [1 - \alpha(N - 1)] + \frac{\sigma}{E_{o(N)}} \left(1 \pm \lambda_{R_b} \eta \right) \quad (5)$$

Адсорбційна розклинювача дія води в дефектах структури, внутрішньопоровий тиск зацімленого повітря, зміна зв'язків капілярно-пористого тіла з водов, які виникають при інтенсивному набряканні в період нетривалого 2-х добового зволоження за малоциклових навантажень, приводить до істотних деструктивних і міцносних змін після першого ж циклу навантажень і, в подальшому, змінюється вся структура бетону за рахунок ущільнення і перерозподілу внутрішньо-структурних напружень.

Встановлено, що верхній рівень поздовжнього мікротріщиноутворення зволоженого бетону $\eta_{сгс}^V$ є межею пристосування бетону при роботі за малоциклових навантажень. Робота бетону з верхнім рівнем η_B прикладення малоциклових навантажень нижче $\eta_{сгс}^V$ веде до підвищення міцності бетону, а вище - до руйнування на одному з циклів прикладання навантаження.

Згідно одержаних даних, міцність бетону після 2-х добового зволоження і прикладання розрахункового числа циклів навантаження, може визначатись за формулов:

$$R_{B,cic}^W = R_B K_B^W K_{cic} \quad (6)$$

де K_{cic} - коефіцієнт впливу прикладання малоциклових навантажень до зволоженого бетону, який залежить від верхнього рівня η_B малоциклових навантажень і визначається за

таблицями.

Процес переміщення рідини в бетонних і залізобетонних конструкціях.

В методику безперервного спостереження за процесом переміщення рідини в бетоні, розробленій на кафедрі інженерних конструкцій, Українського інституту інженерів водного господарства, покладено дослідження по моделюванню одновимірного, по просуванню, плоского поля водопоглинання бетону. Умова геометричної подоби впливає на хід досліджуваного процесу тому, що розміри поперечного перерізу зразка (балки) в багаторазів перевищує розміри заповнювача.

Принципова схема спостереження процесу водопоглинання складається з двох блок-вузлів. Перший блок-вузол складається із двох підсистем: "А" - рідина і "Б" - бетонний зразок у вигляді залізобетонної балки. Другий блок-вузол - допоміжний для контролю за гребнем переміщення рідини і паралельного запису на подвижну стрічкову діаграму. Спостереження за рухом гребеня рідини в залізобетонній балці фіксується за зміною величини початкового опору на відповідному датчику. Всі кондуктометричні датчики виставлені по висоті з постійним кроком $\Delta h = 5$ мм. Це дало змогу на фіксований момент часу визначити площу та об'єм "мокрого бетону". Апроксимація залежності проходження гребеня рідини від часу ($h_t - \tau$) проводилася з використанням математичної статистики. На основі виконаного аналізу для опису процесу ($h_t - \tau$) рекомендується користуватись гіперболічнов залежністю:

$$h_t = \frac{29,407}{1 + 0,088 \tau} \quad (7)$$

Відзначено, що зволоження балок зі сторони стиснутої зони на протязі 2-х діб призводить до вигину балок, і тим більше, чим більша площа арматури в розтянутій зоні бетону.

Напружено-деформований стан, тріщиностійкість і міцність залізобетонних згинальних елементів за небагатократно-повторюваних навантажень після тривалого зволоження.

Необхідно відзначити, що прогини на низьких та середніх рівнях напружень в сухих та зволених балках ростуть майже однаково, а на високих - у зволених балках прогини ростуть значно швидше за одноразового короточасного навантаження.

Під час роботи балок за малоциклових навантажень з режимом $(\eta_H - \eta_B) = (0,3 - 0,6)$ проходить незначне збільшення прогину на перших 5-7 циклах навантажень з послідовною стабілізацією. При цьому, в балках зі зволоженою стиснутою зоною прогини зросли на 10-33% більше в порівнянні з приростом в сухих. Статистична обробка експериментальних даних досліджуваних залежностей "січний модуль прогину - згинальний момент" ($E_f^1 - M$), підтвердила передбачення наявності кусково-лінійного характеру цих залежностей на першому циклі навантаження і високу ступінь відповідності їх кореляційних і експериментальних значень. В загальному вигляді, для кожної ділянки, можна описати ці залежності поліномом першого ступеня:

$$E_f^1 = E_{0,f}(1 - \lambda_f M) \quad (8)$$

Виявлені експериментально-кореляційні залежності ($E_f^1 - M$) відповідають на цих ділянках гіперболічним залежностям між $(M - \Gamma)$:

$$\Gamma = \frac{M}{E_{0,f}(1 - \lambda_f M)} \quad (9)$$

Рівень тріщиноутворення нормальних перерізів в "зволених" балках трохи нижчий, ніж в "сухих". Величину моменту тріщиноутворення по нормальних перерізах залізобетонних елементів з одиночною арматурою, які довгий час зволонуються зі сторони стиснутої зони, рекомендується визначати за залежності

тями:

а) при $h_w > x'$

$$M_{crgc} = R_{bt,ser}^W W_{pl,w} - M_{Tp,w} ; \quad (10)$$

б) при $h_w \leq x'$

$$M_{crgc} = R_{bt,ser} W_{pl,w} - M_{Tp,w} . \quad (11)$$

де пружно-пластичний момент опору

$$W_{pl,w} = b(h - x') \left(\frac{h}{2} + \frac{x'}{3} \right) + 2vA_s (h_0 - \frac{x'}{3}) ; \quad (12)$$

x' - висота стиснутої зони бетону з врахуванням змін, які викликали в балці внутрішньоструктурні напруження набрякання.

Внаслідок прикладення малоциклових навантажень відбувається незначне розкриття нормальних тріщин на перших 5-7 циклах. Отримані експериментальні дані про міцність балок по нормальних перерізах вказують на те, що зволоження стиснутої зони бетону на протязі 2-4 діб, приводить до втрати міцності до 12% за короткочасного статичного навантаження.

Розрахунок міцності нормальних перерізів прямокутного профілю залізобетонних згинальних елементів з одиночною арматурою, які зволожувалися зі сторони стиснутої зони, рекомендується вести, виходячи з двох умов:

а) межа зволоження в стиснутій зоні, тобто $h_w < x'$

$$M \leq R_b^W b (h_0 - 0,5h_w) h_w + R_b b x' (h_0 - 0,5x') [h_0 - h_w - 0,5(x' - h_w)] ; \quad (13)$$

б) межа зволоження в розтянутій зоні бетону чи співпадає з нейтральною лінією, тобто $h_w > x'$

$$M \leq R_b^W \cdot b \cdot x' (h_0 - 0,5x') . \quad (14)$$

Після прикладення розрахункового числа циклів малоциклових навантажень міцність нормальних перерізів зволжених залізобетонних балок зменшується на 0 - 8 % в порівнянні з сухими. В цьому випадку, в якості розрахункової моделі прий-

нята, зволожена на протязі 2-4 діб зі сторони стиснутої зони, залізобетонна балка прямокутного перерізу, при $h_w > x$. Середній рівень напружень для визначення коефіцієнта K_{cic} визначається на рівні центру ваги умовного трикутника епюри стиснутої зони:

$$\sigma_{cp} = \frac{2}{3} \sigma_{max} (\omega + 0,5) \quad (15)$$

Міцність нормальних перерізів зволжених залізобетонних елементів після прикладення малоциклового навантаження можна визначити :

при $\xi \leq \xi_R$

$$M \leq R_{b,cic}^w \cdot b \cdot x^2 (h_0 - 0,5x) \quad (16)$$

де висота стиснутої зони x визначиться з умови:

$$R_s A_s = R_{b,cic}^w \cdot b \cdot x^2 \quad (17)$$

при $\xi > \xi_R$ то в формуле (16) $x = \xi_R h_0$.

Відхилення між одержаними експериментальними і теоретичними значеннями не перевищує 4%, що дає можливість прийняту методику рекомендувати для практичних розрахунків.

Загальні висновки

1. За тривалого зволоження призма міцність R_b на 2...4 добу зменшується на 16-32% від початкової з подальшим відновленням до 30-40 доби зволоження.

2. На міцність бетону, за тривалого зволоження, мають вплив власні внутрішньоструктурні напруження і масштабний фактор.

3. Залежності "сікучий модуль поздовжніх і поперечних деформацій - напруження" ($E^t - \eta$) за короткочасного стиску з постійною швидкістю росту напружень зволоженого бетону з великою достовірністю є кусково-лінійними залежностями, які відповідають кусково-гіперболічним залежностям "напруження -

деформації. Точка перетину двох кусково-лінійних залежностей ($E' - \eta$) є точкою "погашення" внутрішньоструктурних напружень бетону.

4. Внаслідок деструктурних процесів, що проходять за малоциклових навантажень бетону, після тривалого зволоження, порушуються внутрішньоструктурні зв'язки набряклого цементного каменю з дрібним та крупним заповнювачем і це викликає після зняття навантаження зростання пластичних деформацій бетону.

5. Залежності ($E' - \eta$) за малоциклового короточасного стиску, після тривалого зволоження бетону, з постійною швидкістю зміни напружень в циклі "навантаження - розвантаження" з великою достовірністю є лінійними експериментально-кореляційними залежностями і відповідають на кожному з циклів гіперболічним залежностям "напруження - деформації".

6. Встановлені аналітичні залежності поздовжнього пружно-пластичного деформування зразків в режимі "навантаження - розвантаження" в процесі малоциклового стиску після тривалого зволоження.

7. Навантаження за малоциклових навантажень вище межі пристосованості понижують міцність зволоженого бетону, а навантаження нижче межі пристосованості підвищують її.

8. Розроблена методика спостереження за переміщенням рідини в бетоні, з використання нового кондуктометричного датчика вимірювань вологості, дає можливість без структурних порушень спостерігати за процесом зволоження під час тривалого часу, а також в умовах експлуатації.

9. Залежність "глибина проникнення рідини - час" за тривалого зволоження бетону водов з великою достовірністю є гіперболічною кореляційною залежністю.

10. Залежність "сікучий модуль прогину - згинальний момент" ($E_f - M$) в залізобетонних балках за першого циклу прикладення малоциклових навантажень з великою достовірністю є кусково-лінійною залежністю, яка відповідає кусково-гіперболічній залежності "згинальний момент - прогин". Точка перетину двох кусково-лінійних залежностей ($E_f - M$) є точкою (моментом) утворення нормальних тріщин в бетоні.

11. Розроблені пропозиції до визначення момента тріщиноутворення $M_{сгс}$ згинальних залізобетонних елементів за короткочасних навантажень після тривалого зволоження.

12. Розроблені пропозиції до розрахунку міцності нормальних перерізів залізобетонних елементів за короткочасних статичних навантажень і після малоциклового прикладання навантажень з зволоженою стиснутою зоною. Експериментальні дослідження підтвердили прийнятність розробленої методики розрахунку: відхилення не перевищують 4%.

Основний зміст дисертації опубліковано в роботах:

1. Гомон С.С., Колосков А.А., Погореляк А.П. К вопросу расчета трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов // Ровенская обл. научно-тех. конфер.: Тез. докл. - Ровно, 1987. - С. 40.

2. Данилов И.З., Сафонов Г.И., Гомон С.С., Колосков А.А. Исследование процессов перемещения жидкости в бетоне // Тез. докл. Ровенской обл. науч.-техн. конф. - Ровно, 1987. - С. 38-39.

3. Гомон С.С., Погореляк А.П. Влияние собственных напряжений на призмённую прочность при интенсивных усадке-набухании. // Гидромелиорация и гидротехническое строительство. - Львов, 1989. - N 17. - С.

4. Гомон С. С., Макаренко Л. П. Расчет прочности нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов с увлажненной сжатой зоной // Всесоюз. научно-тех. конф.: Тез. докл. - Новочеркасск, 1989. ч. I. - С. 217.

5. Гомон С. С., Макаренко Л. П. Прочность бетона при совместном действии многократно повторных нагрузжений и длительного увлажнения // Республиканская научно-тех. конф.: Тез. докл. - Полтава, 1989. - С. 57.

6. Гомон С. С. Методика испытаний железобетонных балок при малоцикловом нагружении и увлажнении // Научно-техн. конф.: Тез. докл. - Черкассы, 1989. - С.

7. Гомон С. С., Макаренко Л. П. Влияние длительного увлажнения на деструктивные параметры бетона // Научно-тех. конф.: Тез. докл. - Ровно, 1990. С. 53-54.

8. Гомон С. С. Линеаризация загрузочно-разгрузочных ветвей диаграмм сжатия увлажненного бетона при малоцикловом нагружении // Тез. докл. научно-техн. конф. - Ровно, 1990. - С. 55.

9. Гомон С. С., Макаренко Л. П. Деструктивные характеристики конструкционного бетона при малоцикловой нагрузке после длительного увлажнения // Экспериментальные исследования инженерных сооружений. Тез. докл. на 7 Всесоюз. конф. 25-28 сент. - Сумы, 1991. - С.

10. Гомон С. С. Трищностійкість вологих залізобетонних елементів // Науково-техн. конф.: Тез. докл. - Ровно, 1992. - С. 11-12.

11. Гомон С. С., Макаренко Л. П., Данилов І. З. Процес проникнення води в тіло бетону // Гідромеліорація і гідротехнічне будівництво. - 1993. - №20. - С. 139-142.

12. Рекомендації до розрахунку залізобетонних конструкцій

при малоциклових навантаженнях і тривалому зволоженні / Під ред. Гомон С.С., Макаренко Л.П. - Рівне, 1992. - 10 с.

АННОТАЦІЯ

Гомон С.С. "Прочність і деформативність железобетонних згинаємых елементів при небагатоциклових-повторних навантаженнях і тривалому впливі вологої середовища".

Дисертація на соискание ученої ступені кандидата технічних наук. 05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі і споруди. Полтавський технічний університет. Полтава, 1995.

Експериментально-статистически досліджена робота бетону і железобетону при малоцикловому впливі навантаження після тривалого зволоження. Предложено метод оцінки напружено-деформованого стану бетонних і железобетонних елементів вказаних умовах.

Ключові слова: бетон, железобетон, напружено-деформоване стан, набухання, усадка, малоциклові навантаження, межа придатності, прочність, тріщиностійкість.

SUMMARY

Gomon S.S. Strength and stress-strain behaviour of reinforced concrete bent elements under small cyclical repeated loadings and long-duration effect of humid environment.

Thesis for a Candidate's of Technical Sciences Degree. 05.23.01. - building constructions, buildings and structures. Poltava Technical University. Poltava, 1995.

The work of concrete and reinforced concrete under small cyclical action of loading after long-duration humidity has been investigated experimentally and statistically. The method of estimation of strained state of concrete and reinforced concrete elements under above mentioned conditions has been suggested.

Key words: concrete, reinforced concrete, strained state, swelling, shrinkage, small cyclical loadings, limit of adaptability, strength, cracking stability.

Ав 32.595
АВ 32.595

Підписано до друку *05.05.95*
Формат 60x84 0 1/16 Обсяг *10* др. арк.
—Замовлення *668* Тираж *100* примірн.
Рівне, Соборна, 11, УІІВГ