

УДК 691.327 : 539.4

Є.М.БАБИЧ, д-р техн. наук

Рівненський державний університет водного господарства і природокористування

С.Я.ДРОБИШИНЕЦЬ

Луцький державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ ПРИ ПОВТОРНОМУ РОЗТЯГАННІ

Запропонована залежність між напруженнями і деформаціями в сталевібробетоні при розтяганні. Встановлено вплив повторного малоциклового розтягання на деформації сталевібробетону. Виявлено, що стабілізація деформацій відбувається на п'ятому – сьомому циклах навантаження – розвантаження.

Сталевібробетон як композиційний матеріал, що складається з матриці дрібнозернистого бетону і хаотично розташованих в ній сталевих фібр, доцільно використовувати при влаштуванні конструкцій і споруд, до яких ставляться підвищені вимоги за міцністю на розтягання, тріщиностійкістю та стійкістю проти атмосферних впливів. До таких конструкцій і споруд можна віднести резервуари, силосні корпуси, рамні конструкції опор під технологічне обладнання, палі, шпали під трамвайні та магістральні колії тощо. Застосування сталевібробетону замість залізобетону дає змогу знизити в 1,5–2 рази трудовитрати і матеріаломісткість конструкцій і на 25–40% їх вартість при одночасному підвищенні експлуатаційних характеристик [1].

В умовах експлуатації сталевібробетонні конструкції можуть піддаватись різним режимам навантажень, в тому числі повторним (малоцикловим). Робота елементів з сталевібробетону на розтягання практично не досліджена. У зв'язку з цим нами виконані досліді, метою яких було встановлення залежності між напруженнями і деформаціями в сталевібробетоні при розтяганні та вплив повторного (малоциклового) розтягання на характер його деформування.

Досліді проводили з призмами розміром 10×10×60 см, які виготовляли в металевих касетних формах по чотири призми з вертикальною укладкою суміші. Склад дрібнозернистого цементного бетону приймали 1:2, використовували портландцемент марки 500 і кварцевий пісок з модулем крупності 1,8, водоцементне відношення складало 0,45. Сталеві фібри виготовляли з відпрацьованих канатів, діаметр дротин дорівнював 1 мм при довжині 80 мм. Процент армування за об'ємом прийнято 1,5%. Всього з фібробетону було виготовлено 24 призми. Призмova міцність матриці віком 105 діб складала 41,2 МПа.

Випробування призм на розтягання виконували в пресі УИМ-50 з

ціною поділки 1 кН. Для кріплення призм у пресі в їхніх торцях при виготовленні влаштовували спеціальні анкерні плити, які в центрі мали сферичні гнізда, і чотири анкерних стержня різної довжини. У сферичних гніздах розташовували кулькові шарніри з прикріпленими до них на різьбі металевими стержнями, другі кінці яких закріплювали в захватах преса. Таким чином відбувалась центровка призм по геометричній осі. Навантаження призм здійснювалось ступенями, значення яких становили 5-8% від руйнівного зусилля. У процесі навантаження деформації призм вимірювали індикаторами годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм на базі 400 мм. Індикатори до призм прикріплювали за допомогою приклеєних на їхні грані держаків.

Призми випробували при різних режимів навантаження: при одноразовому навантаженні до руйнування (призми П-0,0); повторним навантаженням високих відносних рівнів до настання втомленості (призми ПВ); попереднім малоцикловим навантаженням з кількістю циклів, рівною 10, з наступним довантаженням на одинадцятому циклі до руйнування (призми П-0,6 і П-0,8; цифри 0,6 і 0,8 означають відносний рівень амплітуди малоциклових навантажень). На призмах П-0,6 і П-0,8 вивчали вплив передісторії малоциклового розтягання на деформування сталевібробетону.

При одноразовому навантаженні призми мали міцність на розтягання $R_{\text{фбі}} = 1,8$ МПа. Призма ПВ, навантажена напруженням $\sigma_{\text{фбі}}$ до відносного рівня $\eta_t = \sigma_{\text{фбі}}/R_{\text{фбі}} = 0,94$, зруйнувалась на третьому циклі повторних навантажень, а інші призми ПВ, навантажені до рівня $\eta_t = 0,89$, – на 9 і 10 циклах. При рівні $\eta_t = 0,8$ призми не руйнувались.

У роботі [2] наведені дані про малоциклову втомленість дрібнозернистого бетону, де для її визначення запропонована формула:

$$\eta_{\text{б,сус}} = 1 - a(n_{\text{сус}} - 1)/(n_{\text{сус}} + b). \quad (1)$$

Тут $\eta_{\text{б,сус}}$ – максимальне значення відносного рівня малоциклового навантаження; $n_{\text{сус}}$ – кількість циклів, за якої настає малоциклова втомленість бетону; а і b – сталі характеристики матеріалу.

Для дрібнозернистого бетону можна прийняти такі значення: $a=0,097$; $b=3,788$. За формулою (1) в наших дослідах при $n_{\text{сус}}=3$ цикли максимальний рівень малоциклового навантаження повинен бути $\eta_{\text{б,сус}}=0,971$ (за дослідом 0,944), а при $n_{\text{сус}}=10$ циклів - $\eta_{\text{б,сус}}=0,936$ (в досліді 0,890). Таким чином, формула (1) переоцінює втомленість сталевібробетону. Певно, для уточнення коефіцієнтів а і b необхідно накопичувати експериментальні дані.

На рис.1 наведено графіки деформування призм П-0,0; П-0,6 і

П-0,8 при одноразовому навантаженні до руйнування, а також залежності між модулем пружно-пластичності сталевібробетону та рівнем розтягуючого навантаження. Аналіз експериментальних даних підтверджує можливість використання для опису діаграми “ $\sigma_{fbt}-\varepsilon_{fbt}$ ” при розтяганні як при першому одноразовому навантаженні до руйнування (призми П-0,0), так і після попереднього повторного навантаження з наступним довантаженням до руйнування (призми П-0,6 і П-0,8) формули, що запропонована в роботі [3] для важкого бетону і має вигляд

$$\sigma_{fb,t} = \frac{E_{fb,0}}{\frac{1}{\varepsilon_{fbt}} + \frac{(1 - \nu_{fbt,R})E_{fb,0}}{R_{fbt}}}, \quad (2)$$

де $E_{fb,0}$ – початковий модуль пружності сталевібробетону при $\sigma_{fbt} = 0$; $\nu_{fbt,R}$ – граничний коефіцієнт пружності сталевібробетону.

Середні відношення теоретичних значень σ_{fbt} , обчислених за формулою (2) до дослідних для призм П-0,0; П-0,6 і П-0,8 відповідно склали 1,006; 0,998 і 0,996, середньоквадратичні відхилення – відповідно 0,031; 0,026 і 0,028, а коефіцієнти мінливості – 3,1; 2,6 і 2,8%.

Слід зазначити, що сталевібробетон при розтяганні має підвищене значення граничного коефіцієнта пружності. Так, для призми П-0,0 на першому циклі до руйнування він дорівнював $\nu_{fbt,R} = 0,724$, а для призм П-0,6 і П-0,8 – відповідно 0,835 і 0,796. Очевидно, повторні навантаження сприяли підвищенню пружності сталевібробетону при розтяганні.

Для сталевібробетону залежність між модулем пружно-пластичності і рівнем навантаження можна з високим ступенем вірогідності прийнята лінійною (див. рис.1,б). Коефіцієнт кореляції для призм П-0,0, П-0,6 і П-0,8 практично рівний одиниці. Тому таку залежність можна прийняти функціональною у вигляді

$$E'_{fbt} = E_{fbt,0}(1 - \lambda_{fbt,R}\eta), \quad (3)$$

де $E_{fbt,0}$ – початковий модуль пружності сталевібробетона при розтяганні (при $\sigma_{fbt} = 0$); E'_{fbt} – модуль пружно-пластичності сталевібробетону при розтяганні (при $\sigma_{fbt} \neq 0$); $\lambda_{fbt,R}$ – граничний коефіцієнт пластичності сталевібробетону ($\lambda_{fbt,R} = 1 - \nu_{fbt,R}$).

При повторних навантаженнях стабілізація деформацій відбувається практично на перших п'яти – семи циклах. У призмі П-0,6 на першому циклі навантаження-розвантаження залишкові деформації

склали $8,75 \times 10^{-6}$, на другому вони зросли до $10,31 \times 10^{-6}$, а після третього циклу їх збільшення припинилось (рис.2,а). У призмах П-0,8 залишкові деформації збільшувались до сьомого циклу і склали $14,38 \times 10^{-6}$, а потім відбувалася їхня стабілізація (рис.3,а). Як і при одноразовому навантаженні, у призмах П-0,6 і П-0,8 на всіх циклах спостерігалась лінійна залежність між модулем пружно-пластичності E_{fbt} і рівнем навантаження $\eta_t = \sigma_{fbt} / R_{fbt}$ (див. рис.2,б і 3,б).

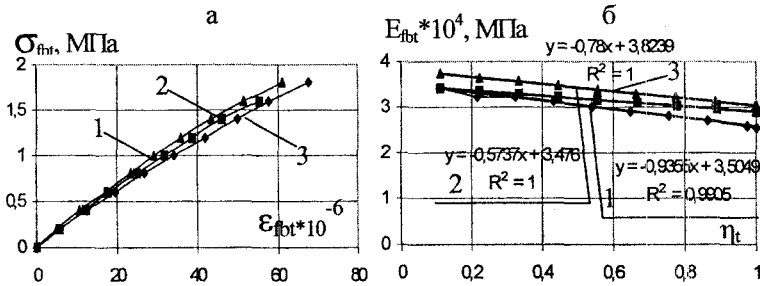


Рис. 1 – Залежність деформування сталевібробетону при розтяганні:
 а – залежність “ $\sigma_{fbt} - \epsilon_{fbt}$ ”; б – залежність “ $E_{fbt} - \eta_t$ ”;
 1 – призми П-0,0; 2 – П-0,6; 3 – П-0,8.

Слід зазначити, що до п'ятого – сьомого циклів спостерігається деяке збільшення початкового модуля пружності сталевібробетону, а потім незначне зменшення. Так, у призмах П-0,8 на першому циклі значення початкового модуля пружності складо $E_{fbt,0} = 3,448 \times 10^4$ МПа, на сьомому – $3,814 \times 10^4$ МПа. Такий же характер зміни $E_{fbt,0}$ спостерігається і в призмах П-0,6.

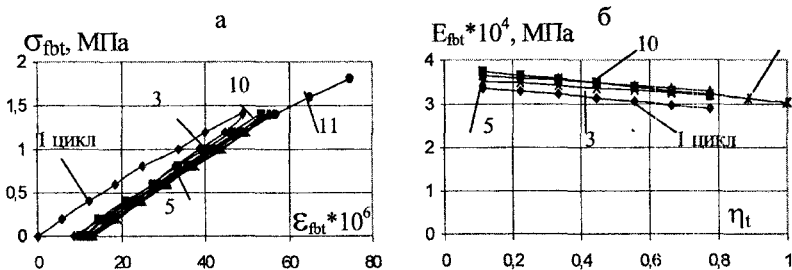


Рис 2 – Діаграма деформування (а) та залежність “ $E_{fbt} \div \eta_t$ ” (б) при повторному розтяганні призм П-0,6

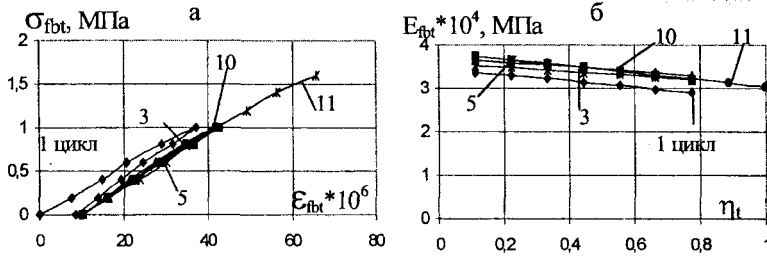


Рис 3 – Діаграма деформування (а) та залежність “ $E_{fbt} \div \eta_t$ ” (б) при повторному розтягненні призм П-0,8

На підставі виконаних експериментальних досліджень можна дійти висновків, що межа втомленості сталевібробетону при розтягненні знаходиться не нижче 0,8; між напруженнями і деформаціями сталевібробетону як при одноразовому розтягненні до руйнування, так і після повторних навантажень може бути прийнята залежність у вигляді (2), що дає хорошу збіжність з експериментальними даними; між модулем пружно-пластичності сталевібробетону і рівнем навантаження існує лінійна залежність у вигляді (3), яка може бути прийнята як функціональна; стабілізація деформацій при повторному навантаженні при $\eta_t \leq 0,8$ відбувається на п'ятому – сьомому циклах навантаження – розвантаження; для уточнення параметрів деформування сталевібробетону при розтягненні необхідно здобувати нові експериментальні дані.

1. Сунак О.П. Сталевібробетонні конструкції. – К.: ІЗіМН, 1999. – 158 с.

2. Бабич С.М., Крусь Ю.О. Бетонні і залізобетонні елементи в умовах малоциклових навантажень. – Рівне: Вид-во РДТУ, 2001. – 119 с.

3. Бабич С.М., Савицький В.В. Дослідження деформування бетону при одноразовому та повторному розтягненні // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип.7. – Рівне: Вид-во РДТУ, 2001. – С. 95-105.

Отримано 16.05.2002

УДК 624.012 : 620.174

Є.В.КЛИМЕНКО, канд. техн. наук, О.Б.НОСАЧ

Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ УТВОРЕННЯ ПОХИЛИХ ТРІЩИН В ТАВРОВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ ПРИ КОСОМУ ЗГИНАННІ

Запропоновано підхід до визначення зусилля утворення похилих тріщин в таврових залізобетонних елементах при косому згинанні. Наведено порівняння розробленої методики з нормативною.