

УДК 624. 012

ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ДОВЖИНИ АНКЕРУВАННЯ ФІБРИ В БЕТОНІ

*В. Білозір, к.т.н., А. Височенко, інженер
Львівський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. У вітчизняних і зарубіжних нормах [1; 2] коефіцієнт, що враховує анкерування фібри, η_f , для анкерної фібри, яку виготовляють у Бельгії, Росії, Україні та інших країнах, складає 0,9. Однак у науковій літературі ми не виявили результатів експериментальних досліджень цього параметра. Тому для проектування сталевібробетонних несучих конструкцій значення коефіцієнта η_f має бути визначеним експериментально та обґрунтованим після відповідної статистичної обробки результатів цих експериментів, як це свого часу було зроблено для стрижневої та фібрової арматури з листа [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для визначення несучої здатності сталевібробетонних елементів знаходять значення міцності сталевібробетону на розтяг R_{fbt} [1–3]. Воно залежить від коефіцієнта η_f , що враховує анкерування фібр. У зв'язку з цим обробка експериментальних даних випробувань на висмикування фібри з бетону за методикою, запропонованою в [4], дасть змогу отримати обґрунтоване значення необхідної довжини заанкерування фібри, за якої досягаємо її розривання.

У [5] показано, що збільшення довжини анкерування фібри у бетоні, підвищення класу бетону призводять до зростання напружень у фібрі при висмикуванні. Анкери на кінцях фібр незалежно від класу бетону дають змогу сприйняти зусилля, що дорівнює у середньому 376 Н. Коефіцієнт варіації для зусиль, які сприймають анкери, дорівнює 7,49%. На гладкій частині фібри виникають дотичні напруження в діапазоні 1,02...3,5 МПа залежно від класу бетону і довжини заанкерування. Оскільки фібра на ділянці $5d_f$ з боку торця призми практично вилучається з роботи, то середнє значення дотичних напружень дорівнює 2,8 МПа.

У цій самій праці вказано на те, що коефіцієнт зчеплення фібри з бетоном η не є сталим.

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – встановлення зв'язку між довжиною анкерування фібри у бетоні і напруженнями у фібрі при її висмикуванні.

Виклад основного матеріалу. У [5] отримані результати експериментальних досліджень висмикування фібр із бетонних призм (див. табл.).

Коефіцієнт η_f визначали за відомою формулою [4]:

$$\eta_f = \frac{l_{an} \cdot R_b}{d_f \cdot \sigma_f}, \quad (1)$$

де l_{an} – довжина заведення фібри в бетон, мм;

d_f – приведений діаметр фібри, мм;

R_b – призмova міцність бетону на стиск, МПа;

σ_f – напруження у фібрі при висмикуванні, МПа.

Таблиця

Результати випробувань фібри на висмикування

Призмova міцність матриці R_b , МПа	Довжина заведення фібри, l_{an} , мм	Площа поперечного перерізу фібри A_f , мм ²	Висмикувальне зусилля, N , Н	Напруження у фібрі при висмикуванні σ_f , МПа	Коефіцієнт η_f
1	2	3	4	5	6
24,4	10	0,785	298	380	0,636842
		0,801	494	630	0,384127
		0,785	413	526	0,460076
		0,785	456	581	0,416523
		0,801	408	520	0,465385
		0,785	427	544	0,444853
		0,785	309	394	0,614213
		0,785	314	400	0,605
		0,785	353	450	0,537778
		0,816	434	553	0,437613
	15	0,785	375	477	0,761006
		0,785	513	653	0,555896
		0,785	398	507	0,715976
		0,801	386	492	0,737805
		0,785	462	588	0,617347
		0,785	308	392	0,92602
		0,801	367	467	0,777302
		0,785	522	665	0,545865
		0,785	435	554	0,655235
		0,816	518	660	0,55

	25	0,785	524	667	0,907046
		0,785	423	539	1,122449
		0,816	591	753	0,803453
		0,785	408	520	1,163462
		0,801	556	709	0,853315
		0,785	497	633	0,955766
		0,785	408	520	1,163462
		0,801	403	513	1,179337
		0,801	309	394	1,535533
		0,785	484	617	0,980551

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
34,2	10	0,785	391	498	0,686747
		0,816	402	512	0,667969
		0,785	393	500	0,684
		0,801	462	588	0,581633
		0,801	491	625	0,5472
		0,785	370	471	0,726115
		0,785	338	430	0,795349
		0,785	394	502	0,681275
		0,801	387	493	0,693712
		0,785	390	497	0,688129
	15	0,785	452	576	0,890625
		0,816	354	451	1,137472
		0,785	423	539	0,951763
		0,801	550	700	0,732857
		0,785	514	654	0,784404
		0,801	481	612	0,838235
		0,785	408	520	0,986538
		0,785	563	718	0,714485
		0,785	396	505	1,015842
		0,801	428	546	0,93956
	25	0,785	451	575	1,486957
		0,785	453	577	1,481802
		0,801	582	741	1,153846
		0,785	514	655	1,305344
		0,785	474	604	1,415563
		0,785	452	576	1,484375
		0,785	496	632	1,352848

		0,785	567	722	1,184211
		0,816	481	612	1,397059
		0,785	454	578	1,479239

Як бачимо, коефіцієнт η_f може приймати значення від 0,42 до 1,49. Середнє значення цього коефіцієнта – 0,87. У нормах [1] цей коефіцієнт прийнято 0,9. Отже, до оцінювання довжини заанкерування фібри потрібно підходити обґрунтовано. У зв'язку з цим для довжин анкерування 10 мм, 15 мм і 25 мм та обидвох класів бетону були визначені відношення σ_f/R_b і побудовані графіки в осях $l_{an}/d_f - \sigma_f/R_b$ (рис. 1, 2) з використанням Excel.

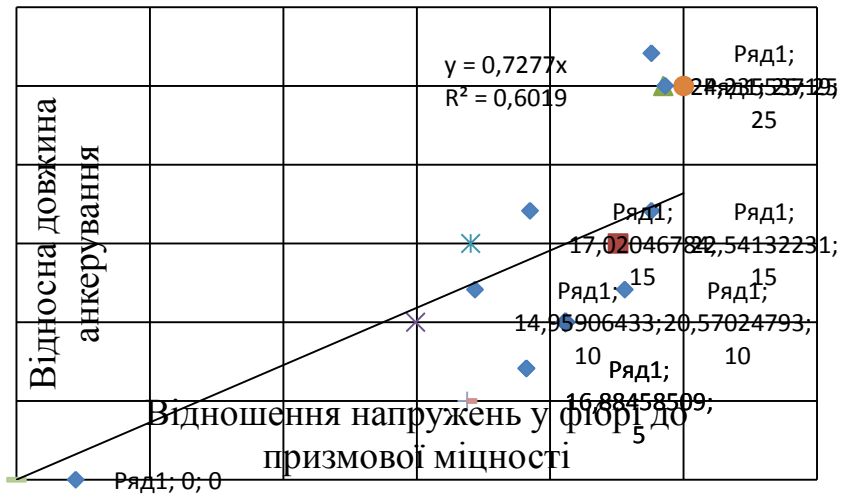


Рис. 1. Залежність $l_{an}/d_f - \sigma_f/R_b$ у вигляді прямої.

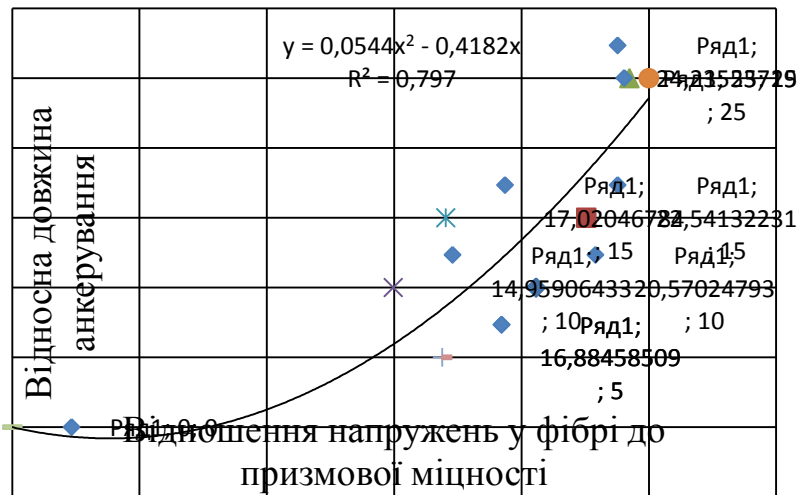


Рис. 2. Залежність $l_{an}/d_f - \sigma_f/R_b$ у вигляді кривої, описаної поліномом другого порядку.

Отже, значення достовірності апроксимації R^2 за нелінійної залежності $l_{an}/d_f - \sigma_f/R_b$ більше, ніж за лінійної. Тому можна запропонувати формулу

$$\frac{l_{an}}{d_f} = 0,054 \left(\frac{\sigma_f}{R_b} \right)^2 - 0,418 \frac{\sigma_f}{R_b}. \quad (2)$$

Довжину анкерування фібри в бетоні $l_{f,an}$, що забезпечує її розрив при висмикуванні пропонуємо визначати так:

$$l_{f,an} = \left(0,054 \left(\frac{R_{f,ser}}{R_{b,ser}} \right)^2 - 0,418 \frac{R_{f,ser}}{R_{b,ser}} \right) d_{f,red}, \quad (3)$$

де $R_{f,ser}$ – нормативний опір фібр;

$R_{b,ser}$ – нормативний опір бетону;

$d_{f,red}$ – зведений діаметр фібр.

За використання бетону класу В45 ($R_{b,ser} = 32$ МПа) та анкерної фібри ($R_{f,ser} = 1000$ МПа; $d_{f,red} = 1$ мм) отримуємо $l_{f,an} = 40,06$ мм. Принагідно нагадаємо: у праці [5] вказувалося, що це значення дорівнює 45 мм й було отримане з урахуванням зусилля, яке припадає на анкер, й середнього значення напружень зчеплення гладкої частини фібри з бетоном (2,8 МПа). Розрахунок за ДСТУ [1] дав змогу отримати значення

$l_{f,an} = 28,13$ мм. Як впливає з викладеного, у нормах коефіцієнт η_f мав би бути суттєво більшим, ніж 0,9. Зрештою, показано, що він не є сталим.

Висновки. Експериментально-теоретичні дослідження зчеплення фібрової арматури дають змогу дійти таких висновків:

1. Коефіцієнт зчеплення фібри з бетоном η не є сталим. Він змінюється від 0,5 до 1,4 і залежить від довжини анкерування. Тому визначати довжину анкерування фібри в бетоні $l_{f,an}$, що забезпечує її розрив при висмикуванні, за формулою ДСТУ [1] не рекомендується.

2. Довжину анкерування фібри в бетоні $l_{f,an}$, що забезпечує її розрив під час висмикування, доцільно визначати за формулою (3).

Бібліографічний список

1. Настанова з проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій : ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009. – К. : Мінрегіонбуд, 2010. – 43 с.

2. Сталевібробетонные конструкции : СП 52-104-2006. – М. : НИИЖБ, 2007. – 70 с.

3. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / под ред. А. А. Гвоздева. – М. : Стройиздат, 1978. – 207 с.

4. Білозір В. В. Образование и раскрытие трещин в нормальных сечениях изгибаемых сталевібробетонных элементов на фибре из листа : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1991. – 24 с.

5. Зчеплення анкерної фібри з бетоном / В. Білозір, А. Височенко, Х. Вовк, Ю. Хлоп'ячий // Вісник ЛНАУ : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2012. – № 13. – С. 18–30.

Білозір В., Височенко А. Визначення необхідної довжини анкерування фібри в бетоні

Наведені результати експериментальних досліджень зчеплення фібри з бетоном. Обґрунтовано підхід до розрахунку довжини анкерування фібри в бетоні $l_{f,an}$, що забезпечує її розрив у разі висмикування.

Ключові слова: сталева фібра, випробування, анкерування.

Bilozir V., Vysochenko A. Necessity determination of length anchoring fiber in concrete.

The experimental results of fiber coupling with concrete are highlighted in the article. It is suggested the reasonable approach to the calculation of anchoring fiber length in concrete, which provides its breaking when it is pulled out.

Key words: steel fiber, testing, anchoring.

Билозир В., Височенко А. Определение необходимой длины анкеровки фибры в бетоне

Приведены результаты экспериментальных исследований сцепления фибры с бетоном. Обоснован подход к расчету длины анкеровки фибры в бетоне, которая обеспечивает ее разрыв при выдергивании.

Ключевые слова: стальная фибра, испытание, анкеровка.