

В.С. Дорофєєв, В.М. Карпюк, О.М. Крантовська
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
Україна, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4

ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК

© Дорофєєв В.С., Карпюк В.М., Крантовська О.М., 2007

Наведені експериментальні значення навантаження та внутрішніх зусиль, що відповідають появі нормальних тріщин над середньою опорою і похилих тріщин у прогоні зрізу, а також їхньої ширини розкриття. Зроблено аналіз впливу діючих факторів на вихідні параметри за відповідними математичними моделями з їхнім графічним відображенням. Порівняно результати розрахунків утворення нормальних, похилих тріщин та ширини їхнього розкриття за розповсюдженими методиками з дослідними даними.

Resulted experimental values of loading and internal efforts, which answer appearance of normal cracks above middle support and sloping cracks in of cut, and also their width of opening. Done analysis of influencing of operating factors on initial parameters after the proper mathematical models with their graphic reflection. Comparison of results of calculations of formation of normal, sloping cracks and width of their opening is executed after widespread methods with experimental information.

Вступ. Згідно з затвердженою держбюджетною тематикою в Одеській державній академії будівництва та архітектури виконуються широкомасштабні експериментально-теоретичні дослідження працездатності прогонних залізобетонних елементів при складному їхньому напружено-деформованому стані [1].

Аналіз попередніх досліджень. Понад 100 років продовжується полеміка поміж ученими: у що перетворюється балка в граничному стані: в розкісну “ферму” Мьорша чи розпірну “систему” Талбота. На Заході перемогла ферменна аналогія, що знайшло відображення в нормативних документах цих країн, зокрема і в Єврокодi - 2.

У зв'язку з тим, що у більшості нерозрізних залізобетонних балок відбувається перерозподіл внутрішніх зусиль, поява, розвиток і розкриття нормальних та похилих тріщин мають великий вплив на їхню працездатність. Ось чому поставлена у назві статті проблема є актуальною, становить науковий та практичний інтерес.

Виклад основного матеріалу. Працездатність нерозрізних двопрогінних залізобетонних балок вивчали в V серії [1] дослідів, реалізованій за майже Д-оптимальним п'ятифакторним планом типу $N_5 - 5$. Як дослідні фактори вибрали:

- відносний прогін зрізу, $c/h_0 = 1 \dots 3$ (фактор X_1);
- клас бетону, B15...B35 (X_2);
- кількість поперечної арматури, $\mu_{sw} = 0,0018 \dots 0,0050$ (X_3);
- кількість нижнього поздовжнього армування, $\mu_{sH} = 0,0101 \dots 0,0199$ (X_4);
- кількість верхньої поздовжньої арматури, $\mu_{sB} = 0,0101 \dots 0,0199$ (X_5).

Дослідні зразки мали вигляд двопрогінних залізобетонних балок з розмірами поперечного перерізу 180×100 мм і величиною прогонів 2×1240 мм. Балки були армовані двома плоскими каркасами згідно з планом експерименту. Як поздовжню використали арматурну сталь А 500С, поперечну в прогонах зрізу – ВрІ, на других ділянках – А 240С.

Статичне навантаження дослідних балок здійснювали ступенями за допомогою двох зосереджених сил, розташованих симетрично по відношенню до середньої опори.

Появу тріщин фіксували за допомогою лупи і мікроскопа. Ширину розкриття тріщин вимірювали мікроскопом з точністю 0,05 мм. Механізм деформування, тріщиноутворення та руйнування нерозрізних залізобетонних балок істотно відрізняється від роботи однопрогінних залізобетонних елементів.

Під час навантаження дослідних балок першими появлялися нормальні тріщини над середньою опорою в зоні дії максимального згинального моменту.

Нормальні тріщини під зосередженими силами та похилі в прогонах зрізу чередувалися між собою. На їхню появу та ширину розкриття великий вплив має співвідношення дослідних факторів (табл. 1). Як правило, після утворення нормальних тріщин над середньою опорою появляються похилі тріщини в прогонах зрізу, а потім – нормальні тріщини під зосередженими силами в прогонах балки. Тільки в чотирьох дослідах (№4, 7, 14,15) з максимальним прогоном зрізу ($c/h_0=3$) та мінімальною кількістю нижньої поздовжньої арматури ($\mu_{sH} = 0,0101$) появі похилих тріщин передувало утворення нормальних тріщин під зосередженими силами.

Така особливість характеру тріщиноутворення зумовлена роботою балки як один раз статично невизначеного елемента, у якого згинальний момент над середньою опорою в декілька разів перевищує такі самі моменти під зосередженими силами, а поперечні сили на прилеглих до середньої опори ділянках є значно меншими від прикладених зосереджених сил.

У процесі і після утворення пластичного шарніра над середньою опорою, який характеризується текучістю верхньої поздовжньої арматури балки і (або) роздробленням бетону стиснутої зони існує перерозподіл внутрішніх зусиль з різким збільшенням згинальних моментів під зосередженими силами і стабільним його значенням над вказаною опорою, що підтверджується дослідженнями [2,3,4].

Під час оброблення отриманих експериментальних даних (табл.1) за методикою [5], відхилення незначимих коефіцієнтів рівнянь регресії і перерахунку тих коефіцієнтів, що залишилися, отримані відповідні математичні моделі (1)–(11), що володіють достатньою інформаційною прийнятністю і за якими можна оцінити вплив дослідних факторів на вихідні параметри з геометричною інтерпретацією цього впливу, показаному на рис. 1–4.

Таблиця 1

Середні значення зовнішнього навантаження та внутрішніх зусиль, що відповідають появі нормальних тріщин над середньою опорою, під зосередженими силами і похилих тріщин у прогоні зрізу

№ досліді	$\bar{F}_{ср,1}^{оп}$	$\bar{M}_{ср,1}^{оп}$	$\bar{F}_{ср,1}^{сип}$	$\bar{M}_{ср,1}^{сип}$	$\bar{F}_{ср, /}$	$\bar{M}_{ср, /}^{оп}$	$\bar{M}_{ср, /}^{сип}$	$\bar{Q}_{ср, /}$
1	18,22	4,33	65,00	4,49	50,91	12,02	7,27	41,51
2	21,60	2,79	124,00	2,63	31,77	4,13	0,72	31,16
3	30,69	4,01	103,00	4,14	50,01	6,50	1,06	49,10
4	10,20	2,46	30,00	2,34	30,87	7,25	4,42	25,11
5	33,35	4,37	169,00	4,23	50,40	6,57	1,09	49,47
6	11,66	2,76	34,00	2,82	31,26	7,32	4,45	25,48
7	16,75	3,92	36,00	4,27	50,52	11,94	7,24	41,14
8	18,93	2,44	82,00	2,29	31,38	4,06	0,69	30,80
9	31,16	4,08	105,00	4,30	50,40	6,62	1,09	49,47
10	10,67	2,42	34,00	2,82	31,26	7,37	4,45	25,48
11	18,20	4,32	55,00	3,96	50,52	11,99	7,24	41,14
12	21,58	2,79	115,00	2,52	31,38	4,10	0,69	30,80
13	33,33	4,35	159,00	4,02	50,01	6,54	1,06	49,10
14	11,64	2,74	26,00	2,53	30,87	7,29	4,42	25,11
15	17,22	4,10	39,00	4,38	50,91	12,06	7,27	41,51
16	19,40	2,51	86,00	2,68	31,77	4,17	0,72	31,16
17	14,32	3,38	43,00	3,43	40,89	9,59	5,85	33,31
18	26,26	3,42	117,00	3,33	40,89	5,27	0,89	40,13
19	21,19	4,19	69,00	4,22	50,46	10,21	4,03	46,02
20	12,03	2,61	54,00	2,58	31,32	6,64	2,43	28,85
21	16,61	3,39	62,00	3,39	40,89	8,37	3,23	37,43
22	16,61	3,42	61,00	3,36	40,89	8,37	3,23	37,43
23	16,73	3,42	62,00	3,52	41,08	8,40	3,25	37,62
24	16,49	3,38	61,00	3,24	40,70	8,33	3,21	37,25
25	17,52	3,56	75,00	3,38	40,89	8,37	3,23	37,43
26	15,70	3,24	48,00	3,38	40,89	8,37	3,23	37,43
27	16,61	3,40	62,00	3,38	40,89	8,37	3,23	37,43

$$\begin{aligned} \hat{F}_{crc,\perp}^{on} &= 16,61 - 5,97X_1 + 4,58X_2 + 0,91X_5 + 3,68X_1^2 - 1,3X_1X_2; \\ \Sigma &= (F - Y)^2 = 1,91; \sigma = \sqrt{\frac{(F - Y)^2}{n - 1}} = 0,27; \nu = \frac{\sigma}{b_0} \times 100 = 1,6\% \end{aligned} \quad (1)$$

$$\hat{M}_{crc,\perp}^{on} = 3,4 + 0,79X_2 + 0,16X_5; \quad \Sigma = 0,03; \sigma = 0,03; \nu = 1\% \quad (2)$$

$$\hat{F}_{crc,\perp}^{cul} = 61,56 - 38,78X_1 + 11,94X_2 + 14,39X_5 + 17,44X_1^2 - 9,38X_1X_5; \quad \Sigma = 1062; \sigma = 6,4; \nu = 10,4\% \quad (3)$$

$$\hat{M}_{crc,\perp}^{cul} = 3,38 + 0,82X_2 + 0,14X_4; \quad \Sigma = 0,19; \sigma = 0,08; \nu = 2,5\% \quad (4)$$

$$\hat{F}_{crc,\parallel} = 40,89 + 9,57X_2; \quad \Sigma = 1,72; \sigma = 0,26; \nu = 0,63\% \quad (5)$$

$$\hat{M}_{crc,\parallel}^{on} = 8,37 + 2,16X_1 + 1,78X_2 - 0,9X_1^2 + 0,56X_1X_2; \quad \Sigma = 0,05; \sigma = 0,04; \nu = 0,54\% \quad (6)$$

$$\hat{M}_{crc,\parallel}^{cul} = 3,23 + 2,48X_1 + 0,8X_2 + 0,14X_1^2 + 0,61X_1X_2; \quad \Sigma = 0; \sigma = 0,01; \nu = 0,42\% \quad (7)$$

$$\hat{Q}_{crc,\parallel} = 37,43 - 3,4X_1 + 8,58X_2 - 0,71X_1^2 - 0,57X_1X_2; \quad \Sigma = 0,61; \sigma = 0,15; \nu = 0,41\% \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \hat{a}_{crc,\perp}^{cul} &= 0,20 + 0,02X_1^2 - 0,03X_2^2 - 0,04X_3^2 + 0,05X_4^2 - 0,03X_5^2 - 0,02X_1X_4 - 0,014X_1X_5 + \\ &+ 0,025X_2X_4 + 0,01X_2X_5; \quad \Sigma = 0,02; \sigma = 0,03; \nu = 13\% \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \hat{a}_{crc,\perp}^{on} &= 0,19 + 0,01X_2 + 0,04X_4^2 - 0,04X_5^2 - 0,01X_1X_2 - \\ &- 0,016X_1X_4 + 0,034X_2X_4 + 0,016X_2X_5 + 0,01X_4X_5; \quad \Sigma = 0,02; \sigma = 0,025; \nu = 13\% \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \hat{a}_{crc,\parallel} &= 0,67 - 0,04X_2 - 0,06X_3 + 0,12X_1^2 + 0,19X_2^2 - 0,21X_3^2 - 0,06X_4^2 - \\ &- 0,06X_1X_2 - 0,06X_2X_4 - 0,05X_2X_5 - 0,06X_3X_4 + 0,11X_4X_5; \quad \Sigma = 0,12; \sigma = 0,07; \nu = 10\% \end{aligned} \quad (11)$$

На величину зовнішнього навантаження, що відповідає утворенню нормальних тріщин над середньою опорою і під зосередженими силами в прогонах, мають вплив, як це видно із моделей (1), (3), три дослідні фактори: величина відносного прогону зрізу (X_1), клас бетону (X_2), кількість верхньої поздовжньої арматури (X_3). Величини згинальних моментів, від яких, власне, утворюються нормальні тріщини над опорою і під зосередженими силами в прогонах (моделі (2), (4), традиційно залежать тільки від класу бетону і кількості, відповідно, верхньої та нижньої поздовжньої арматури.

Так, моменти тріщиноутворення над середньою опорою і під зосередженими силами збільшуються по відношенню до своїх середніх значень у разі збільшення:

- класу бетону від B15 до B35 в середньому на 47,5%;
- кількості поздовжньої верхньої (нижньої) арматури, відповідно на 9,4% і 8,3%.

Величина зовнішнього навантаження, при якому утворюються похилі тріщини (модель (5), значимо залежить тільки від класу бетону. При його збільшенні від мінімальних до максимальних значень $\hat{F}_{crc,\parallel}$ зростає на 47% по відношенню до його середнього значення.

Поперечна сила, що відповідає утворенню похилих тріщин, істотно залежить тільки від двох факторів: відносного прогону зрізу і класу бетону. Так, $\hat{Q}_{crc,\parallel}$ збільшується по відношенню до його середнього значення (37,43кН):

- при зменшенні відносного прогону зрізу c/h_0 від 3 до 1 на 18%;
- збільшенні класу бетону від B15 до B35 на 46%.

$$\hat{Y}F_{crc,1}^{сил} = 61,6 - 38,8X_1 + 11,94X_2 + 14,39X_3 + 17,44X_1^2 - 9,38X_1X_5$$

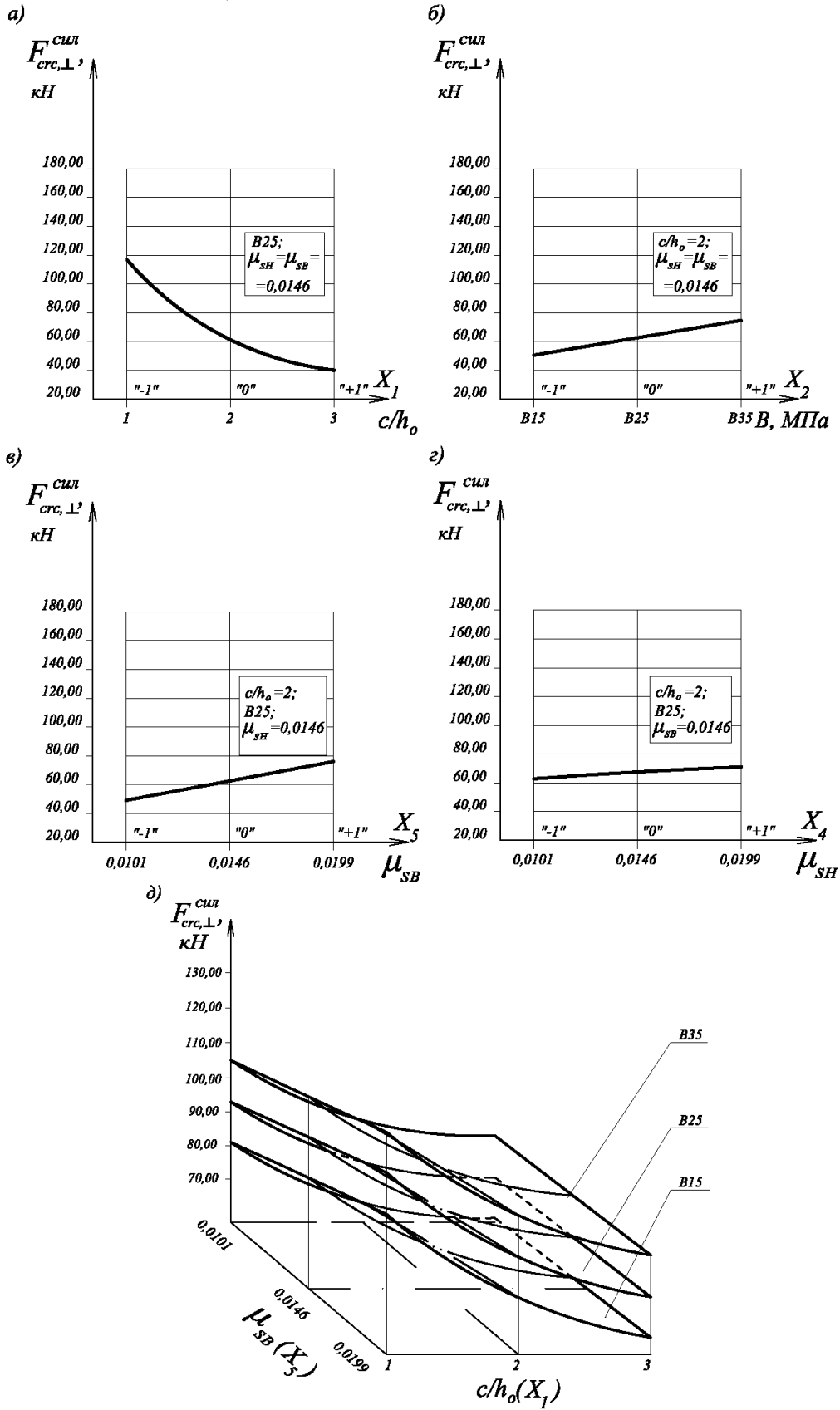


Рис. 1. Залежність зовнішніх сил, що відповідають появі нормальних тріщин під зосередженими силами дослідних балок, від відносного прогону зрізу (а), класу бетону (б), кількості верхньої (в), нижньої поздовжньої арматури (г), комплексного впливу дослідних факторів (д)

Наявність від'ємного знака при квадратичному ефекті (X_1^2) свідчить, що за подальшого зменшення $c/h_0 < 1$ величина $\hat{Q}_{\text{срс.}} /$ зростатиме стрімкіше. Істотно взаємодіють поміж собою обидва названі фактори: при одночасному зменшенні відносного прогону зрізу та збільшенні класу бетону вихідний параметр $\hat{Q}_{\text{срс.}} /$ збільшуватиметься.

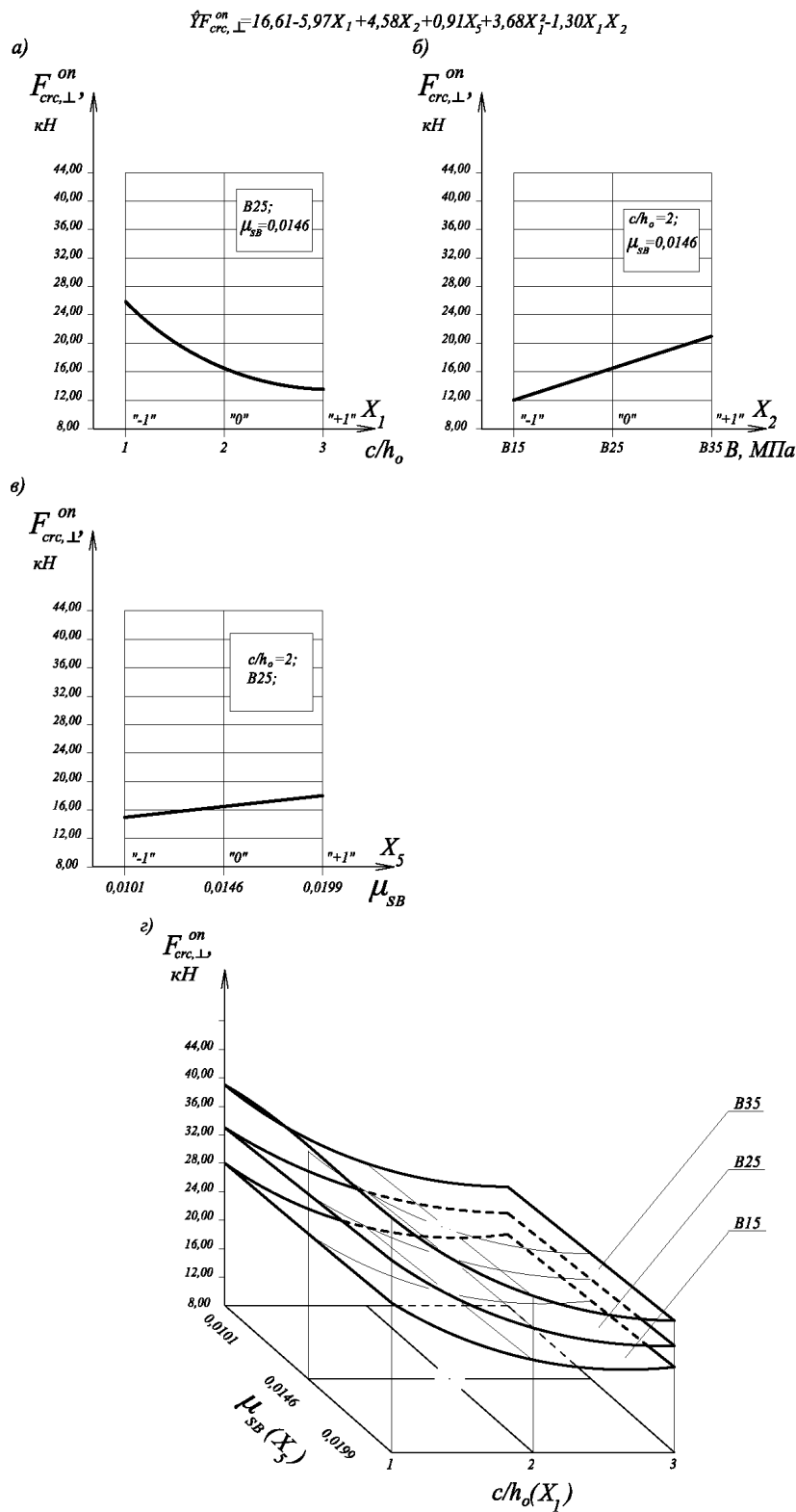


Рис. 2. Залежність зовнішніх сил, що відповідають появі нормальних тріщин над середніми опорами дослідних балок, від відносного прогону зрізу (а), класу бетону (б), кількості верхньої (в) поздовжньої арматури, комплексного впливу дослідних факторів (г)

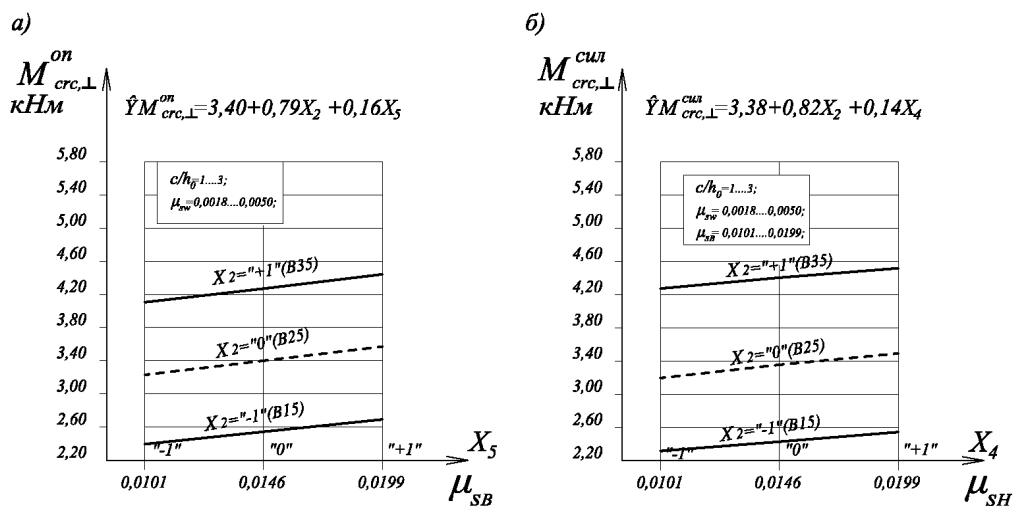


Рис. 3. Залежність моменту появи нормальних тріщин над середньою опорою (а) та зосередженими силами (б) від класу бетону, кількості верхньої та нижньої поздовжньої арматури

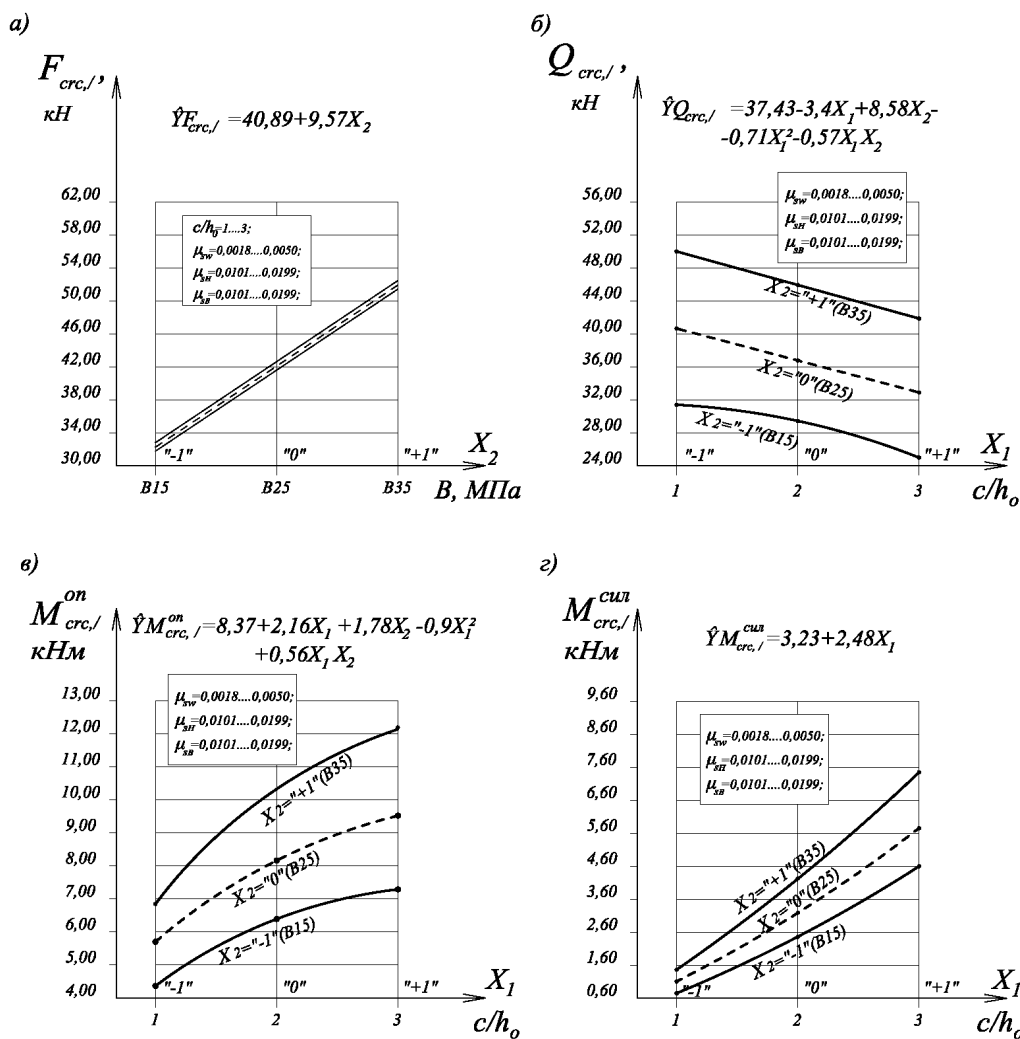


Рис. 4. Вплив класу бетону на зовнішнє навантаження (а) і відносного прогону зрізу на поперечну силу (б) утворення похилих тріщин, а також відносного прогону зрізу на моменти над опорою (в) та під зосередженими силами (г), відповідними появі вказаних тріщин

На ширину розкриття тріщин більшість дослідних факторів впливають нелінійно, взаємодіючи між собою при тому.

Порівняння результатів розрахунків появи та розкриття тріщин за розповсюдженими методиками з дослідними даними наведено в табл. 2, 3.

Таблиця 2

Порівняння результатів розрахунків утворення нормальних та похилих тріщин у прогонах зрізу балок з дослідними даними

№ досліду	Утворення нормальних тріщин над середніми опорами та під зосередженими силами							Утворення похилих тріщин між середньою опорою та зосередженими силами						
	Дослідні значення (за мат. моделлю), $F_{crc,\perp}$, кН		Відповідне дослідне значення, $M_{crc,\perp}$, кНм		Розрахункові значення навантаження, що відповідає появі нормальних тріщин			Дослідні значення (за мат. моделлю) $F_{crc, /}$, кН	Відповідне дослідне значення, $M_{crc, /}$, кНм		Відповідне дослідне значення, $Q_{crc, /}$, кН	Розрахункові значення навантаження, що відповідає появі похилих тріщин		
	$F_{crc,\perp}^{on}$, кН	$F_{crc,\perp}^{cul}$, кН	$M_{crc,\perp}^{on}$, кНм	$M_{crc,\perp}^{cul}$, кНм	$M_{crc,\perp}$, кНм СНиП 2.03.01.-84*	$M_{crc,\perp}$, кНм НДБК, м. Київ	$F_{crc,\perp}$, кН		$M_{crc, /}^{on}$, кНм	$M_{crc, /}^{cul}$, кНм		$F_{crc, /}$, кН СНиП 2.03.01.-84*	$F_{crc, /}$, кН НДБК, м. Київ	$F_{crc, /}$, кН за уточн. метод. НДБК
1	18,51	57,17	4,35	4,34	2,81	3,44	18,5/4,40	51,0	11,97	7,26	41,6	19,0	110,0	51,5
2	21,29	129,6	2,77	2,70	1,60	4,14	21,0/2,73	31,3	4,09	0,70	30,7	26,0	130,0	30,5
3	31,23	105,9	4,03	4,06	2,81	2,66	30,0/3,91	49,7	6,53	1,08	48,7	39,0	90,0	49,0
4	10,13	23,27	2,45	2,42	1,60	2,74	10,0/2,36	30,7	7,29	4,44	25,0	19,0	128,0	31,0
5	33,05	153,5	4,35	4,34	2,81	3,45	34,0/4,43	50,9	6,53	1,08	49,9	40,0	95,0	50,5
6	11,95	33,29	2,77	2,70	1,60	4,14	11,5/2,72	30,9	7,29	4,44	25,2	21,4	145,0	32,0
7	16,69	47,15	4,03	4,06	2,81	2,66	16,5/3,89	50,7	11,97	7,26	41,3	8,0	110,0	52,0
8	19,47	82,07	2,45	2,42	1,60	2,74	18,0/2,34	31,1	4,09	0,70	30,5	20,0	75,0	30,0
9	31,23	105,9	4,03	4,34	2,81	2,49	31,0/4,04	50,6	6,53	1,08	49,6	18,0	95,0	50,0
10	10,13	23,27	2,45	2,70	1,60	2,50	10,5/2,48	31,3	7,29	4,44	25,5	20,0	140,0	32,0
11	18,51	57,17	4,35	4,06	2,81	3,66	18,0/4,25	50,8	11,97	7,26	41,4	12,0	102,0	52,0
12	21,29	129,6	2,77	2,42	1,60	4,49	20,5/2,67	31,6	4,09	0,70	31,0	26,0	120,0	30,5
13	33,05	153,5	4,35	4,06	2,81	3,60	32,5/4,23	50,4	6,53	1,08	49,4	17,5	100,0	50,0
14	11,95	33,29	2,77	2,42	1,60	4,49	11,0/2,6	30,8	7,29	4,44	25,1	21,0	100,0	32,0
15	16,69	47,15	4,03	4,34	2,81	2,49	17,0/4,01	51,3	11,97	7,26	41,8	8,0	110,0	53,0
16	19,47	82,07	2,45	2,70	1,60	2,50	18,5/2,41	31,6	4,09	0,70	31,0	20,0	130,0	30,5
17	14,32	40,22	3,40	3,38	2,24	3,17	14,0/3,31	40,4	9,63	5,85	32,9	12,0	95,0	42,0
18	26,26	117,8	3,40	3,38	2,24	3,17	25,5/3,32	41,2	5,31	0,89	40,4	22,0	115,0	41,0
19	21,19	73,50	4,19	4,20	2,81	3,02	20,7/4,11	49,2	10,15	4,03	45,1	20,0	100,0	48,0
20	12,03	49,62	2,61	2,56	1,60	3,50	12,8/2,54	33,1	6,59	2,43	30,3	27,0	120,0	35,0
21	16,61	61,56	3,40	3,38	2,24	3,17	17,0/3,37	40,2	8,37	3,23	36,8	26,0	115,0	40,0
22	16,61	61,56	3,40	3,38	2,24	3,17	17,0/3,37	41,4	8,37	3,23	37,9	26,0	115,0	40,0
23	16,61	61,56	3,40	3,52	2,24	3,05	17,2/3,41	41,0	8,37	3,23	37,6	26,0	117,0	40,0
24	16,61	61,56	3,40	3,24	2,24	3,28	16,6/3,29	40,6	8,37	3,23	37,2	26,0	117,0	40,0
25	17,52	75,95	3,56	3,38	2,24	3,86	17,7/3,51	41,4	8,37	3,23	37,9	26,0	117,0	40,0
26	15,70	47,17	3,24	3,38	2,24	2,60	16,1/3,19	40,5	8,37	3,23	37,1	26,0	117,0	40,0
27	16,61	61,56	3,40	3,38	2,24	3,17	16,9/3,35	40,4	8,37	3,23	37,0	26,0	117,0	40,0
Середнє квадратичне відхилення $\Sigma=(\bar{Y}-Y)^2$					38,9	24,1	10,7/0,18					12971	147942	28
Стандарт $\sigma = \sqrt{\left(\frac{\Sigma}{n-1}\right)}$					1,2	0,96	0,64/0,08					22	75	1,0
Коефіцієнт варіації $\nu = \frac{\sigma}{b_0} \times 100$					36%	28%	3,9%/2,5%					55%	184%	2,6%

**Порівняння розрахункових та експериментальних значень ширини розкриття
нормальних і похилих тріщин у дослідних балках**

№дослідду	Ширина розкриття нормальних тріщин								Ширина розкриття похилих тріщин		
	Дослідні значення (за математичною моделлю), $\hat{a}_{crc,\perp}$, мм		Розрахункові значення ширини розкриття нормальних тріщин, визначених за рекомендаціями						Дослідні значення $\hat{a}_{crc, /}$, мм (за математичною моделлю)	Розрахункові значення ширини розкриття похилих тріщин, визначених за рекомендаціями	
	$\hat{a}_{crc,\perp}^{on}$, мм	$\hat{a}_{crc,\perp}^{сил}$, мм	$a_{crc,\perp}$, СНиП 2.03.01-84*		$a_{crc,\perp}$, СНиП 52.01, Росія		$a_{crc,\perp}$, НДІБК, м.Київ			$a_{crc, /}$, СНиП 2.03.01-84*	$a_{crc, /}$, НДІБК, м.Київ
			$a_{crc,\perp}^{on}$, мм	$a_{crc,\perp}^{сил}$, мм	$a_{crc,\perp}^{on}$, мм	$a_{crc,\perp}^{сил}$, мм	$a_{crc,\perp}^{on}$, мм	$a_{crc,\perp}^{сил}$, мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,23	0,17	0,17	0,17	0,12	0,12	0,10	0,10	0,49	0,21	0,15
2	0,15	0,17	0,18	0,18	0,13	0,13	0,10	0,10	0,79	0,17	0,22
3	0,15	0,10	0,24	0,24	0,12	0,12	0,19	0,19	0,95	0,13	0,06
4	0,27	0,24	0,21	0,21	0,12	0,12	0,10	0,10	0,81	0,13	0,08
5	0,29	0,24	0,17	0,17	0,12	0,12	0,16	0,16	0,85	0,13	0,06
6	0,13	0,10	0,18	0,18	0,13	0,13	0,09	0,09	1,15	0,14	0,08
7	0,17	0,17	0,24	0,24	0,12	0,12	0,12	0,12	0,83	0,16	0,15
8	0,21	0,17	0,21	0,21	0,12	0,12	0,12	0,12	0,69	0,12	0,22
9	0,23	0,19	0,23	0,22	0,18	0,09	0,18	0,17	0,49	0,21	0,15
10	0,15	0,15	0,21	0,28	0,18	0,09	0,10	0,09	0,59	0,17	0,22
11	0,18	0,16	0,16	0,17	0,09	0,18	0,13	0,14	0,51	0,06	0,06
12	0,16	0,18	0,14	0,14	0,09	0,18	0,10	0,11	0,57	0,11	0,08
13	0,17	0,15	0,16	0,17	0,09	0,18	0,17	0,18	0,63	0,21	0,15
14	0,21	0,19	0,14	0,14	0,09	0,18	0,09	0,10	0,69	0,17	0,22
15	0,18	0,18	0,23	0,22	0,18	0,09	0,14	0,13	0,61	0,13	0,06
16	0,16	0,16	0,21	0,28	0,18	0,09	0,11	0,10	0,71	0,14	0,08
17	0,19	0,22	0,18	0,18	0,12	0,12	0,11	0,11	0,79	0,16	0,11
18	0,19	0,22	0,18	0,18	0,12	0,12	0,14	0,14	0,79	0,14	0,11
19	0,20	0,17	0,20	0,20	0,12	0,12	0,18	0,18	0,82	0,10	0,10
20	0,18	0,17	0,17	0,17	0,13	0,13	0,08	0,08	0,90	0,14	0,15
21	0,19	0,16	0,18	0,18	0,12	0,12	0,11	0,11	0,40	0,17	0,17
22	0,19	0,16	0,18	0,18	0,12	0,12	0,14	0,14	0,52	0,13	0,07
23	0,23	0,25	0,18	0,18	0,15	0,11	0,13	0,13	0,61	0,16	0,11
24	0,23	0,25	0,18	0,18	0,11	0,15	0,14	0,15	0,61	0,08	0,11
25	0,15	0,17	0,15	0,15	0,11	0,15	0,13	0,14	0,67	0,13	0,11
26	0,15	0,17	0,22	0,21	0,15	0,11	0,15	0,14	0,67	0,13	0,11
27	0,19	0,20	0,18	0,18	0,12	0,12	0,14	0,14	0,67	0,13	0,11
Середнє відхилення	квадратичне Σ		0,06	0,09	0,17	0,13	0,16	0,13		9,06	9,77
Стандарт	σ		0,05	0,06	0,08	0,07	0,08	0,07		0,59	0,61
Коефіцієнт варіації	ν		25,89	29,75	42,41	35,61	41,00	35,38		88,10	91,47

Висновки. 1. Порівняння результатів розрахунків за методикою чинних норм з дослідними даними показало незадовільну їхню збіжність.

2. Виконані дослідження свідчать про правомірність застосування деформаційних моделей для прогнозу параметрів тріщиностійкості залізобетонних елементів та необхідність їх вдосконалення.

1. Дорофеев В.С., Картюк В.М., Аветисян А.Г., Крантовская Е.Н., Картюк Ф.Р., Шепетюк Н.И., Ярошевич Н.Н. О необходимости и постановке системных исследований прочности, трещиностойкости и деформативности приопорных участков железобетонных элементов, испытывающие сложные деформации, с целью уточнения и развития методов их расчета. // Будівельні конструкції / Зб. наук. праць, вип. 62. – К.: НДІБК, 2005. – С. 160–167. 2. Бабич В.Є. Про граничні умови перерозподілу зусиль в нерозрізних залізобетонних балках. // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. пр. – Рівне: УДУВГП, 2003. – Вип. 6(19). – С. 196–201. 3. Бамбура А.М. Расчет железобетонных статически неопределимых систем с учетом реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры // Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику: Тез. докл. респ. научно-техн. конф. – Полтава, 1989. – Часть 1. – С. 6–7. 4. Бабич В.Є. Напружено-деформований стан нерозрізних залізобетонних балок з урахуванням повної діаграми деформування бетону // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХТУБА, 1999. – Вип. 7. – С. 101–107. 5. Вознесенский В.А. Статические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Финансы и статистика, 1981. – 215 с.