

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ РАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ SCAD

Скорук Т.В.

Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА)

Як відомо, роботу залізобетонних елементів можна вважати пружною лише на початкових стадіях навантаження до появи перших тріщин. Після цього бетон веде себе як пружно-пластичний матеріал. У чинних нормах це знайшло своє відображення у вигляді поправочних коефіцієнтів, які вводяться до модуля пружності бетону, зокрема, при розрахунку за другою групою граничних станів при визначенні кривизн.

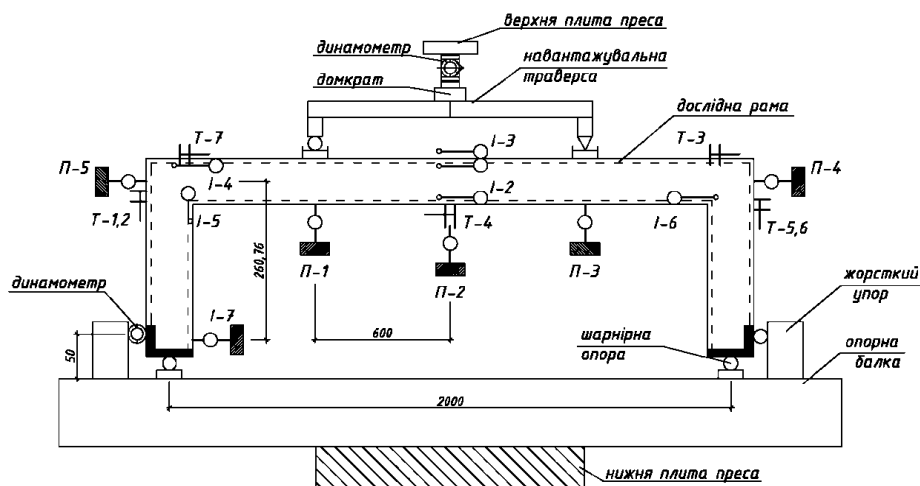
Для з'ясування можливості моделювання НДС залізобетонних елементів за допомогою існуючих на даний час програмних комплексів був проведений чисельний експеримент за допомогою програми SCAD. За основу був взятий натурний експеримент, який був проведений Ільчук Н.В. [1] у Рівненському Національному університеті водного господарства та природокористування [2].

Схему дослідної рами та її армування показано на рис. 1. Рама являє собою П-подібну двохшарнірнооперту раму, завантажену двома рівновеликими зосередженими силами. Зростаюче навантаження прикладалось одноразово, ступенями по 1,25 кН до руйнування балки, яке відбулось при значенні сил 35 кН. Величина ступенів навантаження становила 8-10% від руйнівного навантаження. Загальна кількість кроків навантаження – 28.

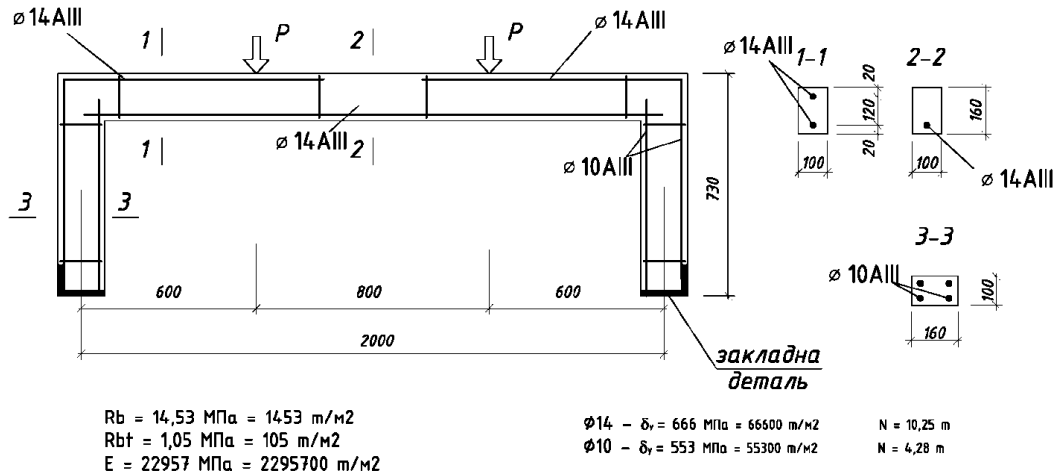
Для чисельного дослідження рама моделювалась об'ємними скінченими елементами, в тілі яких були проведені стержневі скінчені елементи, що моделювали існуючу арматуру.

Згідно дослідних даних перша тріщина виникла в лівому вузлі при силі $P=2$ кН, при силі $P=2,5$ кН виникла тріщина в прольоті ригеля у зоні чистого згину. Нові тріщини утворились при $P=3,5$ кН як у прольоті ригеля, так і у правому вузлі. Далі з цього етапу навантаження почав спостерігатись перерозподіл згинальних моментів з прольотного перерізу у перерізи, що примикають до вузлів рами. В подальшому перерозподіл зусиль спричиняв утворення нових тріщин та виникнення пластичних деформацій у бетоні.

Загальний вигляд дослідної рами



Армування дослідної рами



Епюри внутрішніх зусиль

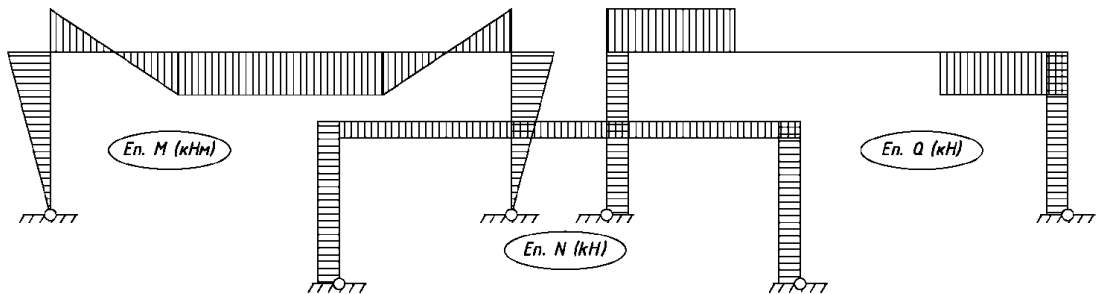


Рис. 1. Дослідна рама 1Р-1 [1]

На рис. 3 показано графік зміни модуля пружності бетону для дослідних призм за даними експерименту.

За допомогою програми SCAD, було проведено три розрахунки:

- 1) лінійний при початковому модулі пружності бетону;
- 2) лінійний при змінному модулі пружності бетону;
- 3) нелінійний у геометрично нелінійній постановці.

Поля напружень у тілі бетону рами при лінійному і нелінійному розрахунку показані на рис. 2. Як видно, напруження у бетоні на 2 кроці навантаження (при $P=2,5 \text{ кН}$) перевищили несну здатність бетону на розтяг R_{bt} . Максимальні значення цих напружень локалізуються саме у тих місцях, де у дослідній рамі виникли тріщини – у кутах рами та посередині прольоту ригеля.

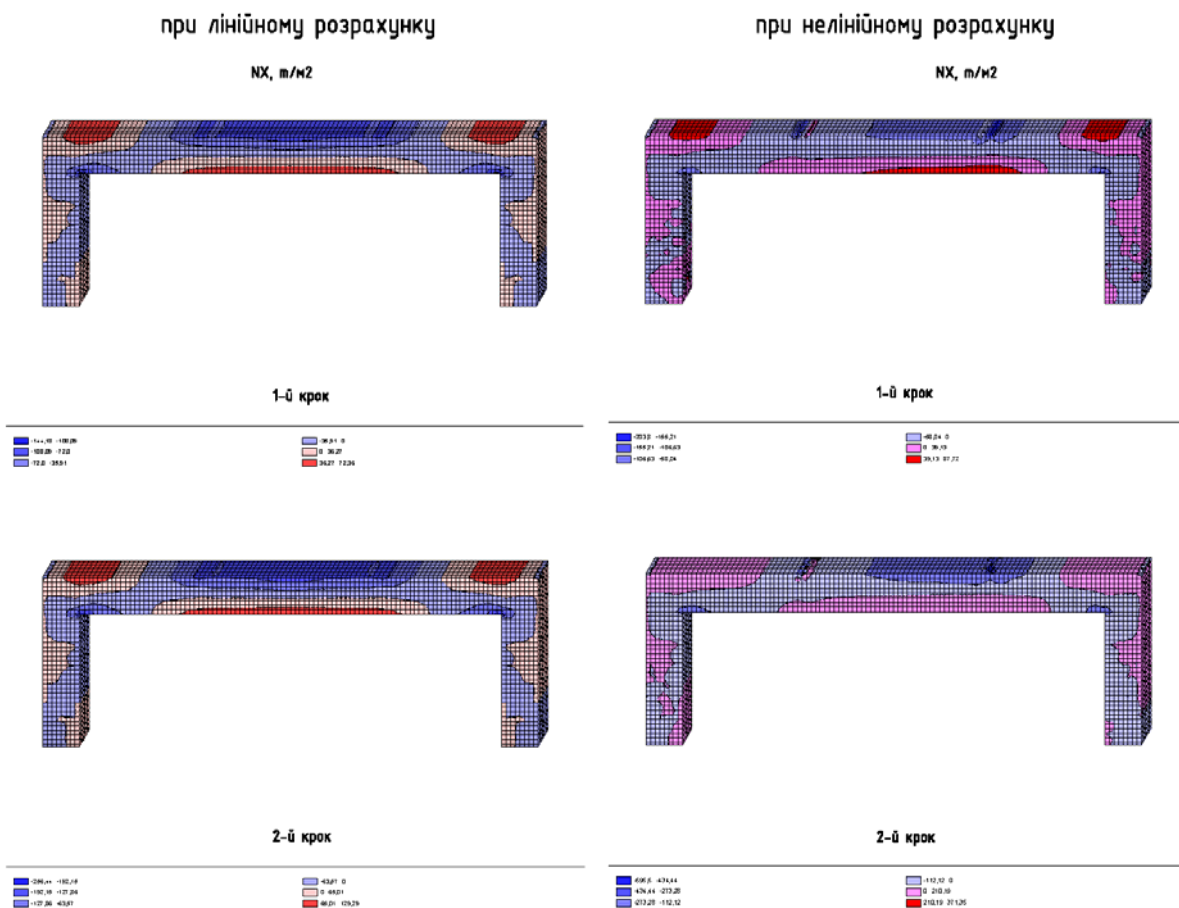
Значення несної здатності бетону на стиск при лінійному розрахунку було досягнуто на 13 кроці, а при нелінійному на – 5 кроці навантаження.

Досить цікавими та наглядними виявились епюри внутрішніх зусиль у стержнях, що моделювали наявну у рамі арматуру. Характер виникалих зусиль у стержнях показано на рис. 3.

Порівняння дослідних даних та даних чисельних експериментів наведено на рис. 3 у вигляді таблиці та графіку.

Все наведе вище дає змогу зробити наступні висновки:

1. За допомогою стандартних скінченних елементів можна адекватно змоделювати лише початкову роботу залізобетону до появи перших тріщин.
2. Моделювання ЗБЕ за допомогою об'ємних скінченних елементів дає змогу прослідкувати розподіл напружень у тілі бетону по всьому об'єму та виявити зони максимальних напружень, що є досить важливим для нестандартних конструкцій, де відслідкувати це досить важко.
3. Моделювання арматури стержневими скінченними елементами у масиві об'ємних дає змогу визначити напруження у них з урахуванням розподілу їх у матриці бетону.
4. Переміщення, отримані під час даних розрахунків, необхідно збільшити у 3-5 разів для визначення прогинів, які відповідають реальній роботі залізобетону за межами пружності.



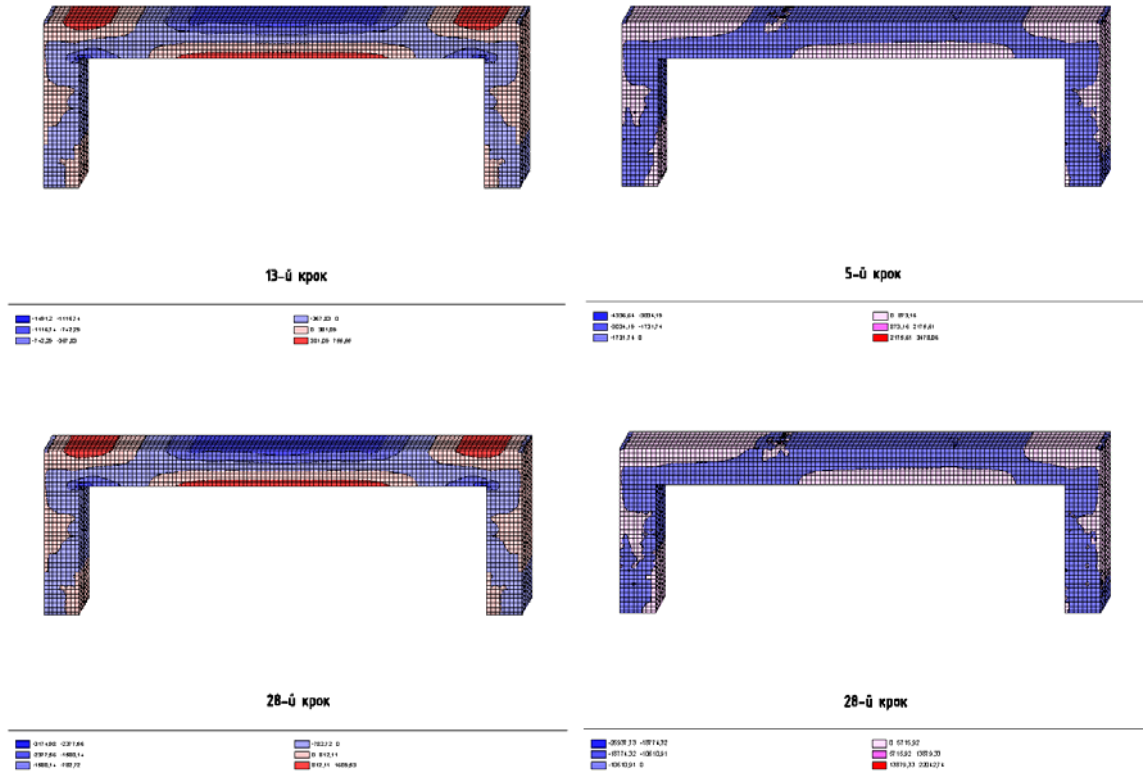
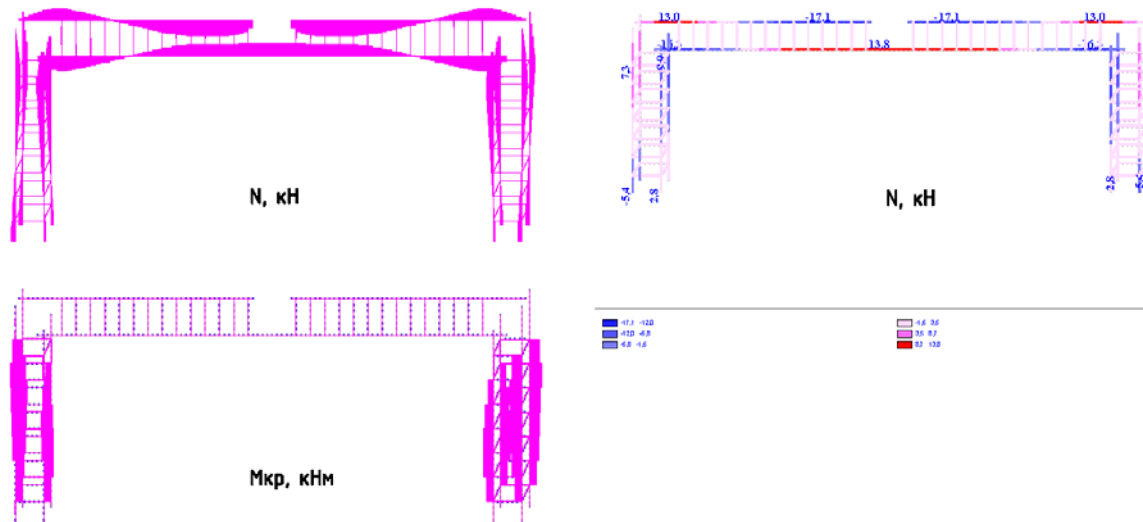
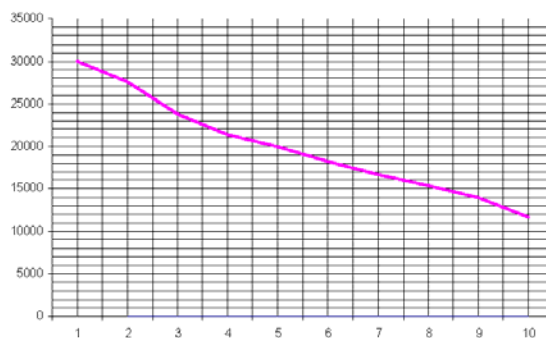
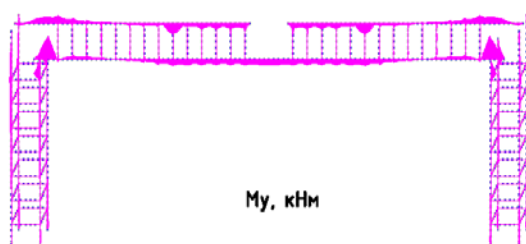


Рис. 2. Поля напружень у тілі бетону рами

Епюри зусиль у арматурі рами



Зміна модуля пружності у бетонних призмах



P, кН	Прогини, f, мм			
	лінійний	нелінійний	E змін.	дослід
1,25	0,14	0,12	0,14	0,32
2,5	0,25	0,27	0,2	0,72
3,75	0,35	0,4	0,29	1,16
5	0,46	0,54	0,39	1,5
6,25	0,57	0,7	0,48	1,935
7,5	0,68	0,84	0,58	2,37
8,75	0,78	0,98	0,69	2,74
10	0,89	1,12	0,8	3,11
11,25	1	1,27	0,91	3,495
12,5	1,1	1,41	1,03	3,88
13,75	1,21	1,55	1,15	4,37
15	1,32	1,7	1,27	4,86
16,25	1,43	1,84	1,4	5,485
17,5	1,53	1,99	1,54	6,11
18,75	1,64	2,13	1,68	6,62
20	1,75	2,28	1,83	7,13
21,25	1,86	2,42	1,98	7,815
22,5	1,96	2,57	2,14	8,5
23,75	2,07	2,71	2,31	9,095
25	2,18	2,86	2,49	9,69
26,25	2,29	3	2,67	10,41
27,5	2,39	3,15	2,86	11,33
28,75	2,5	3,29	3,07	12,02
30	2,61	3,44	3,28	12,6
31,25	2,72	3,59	3,5	13,39
32,5	2,82	3,73	3,74	14,34
33,75	2,93	3,88	3,99	15,21
35	3,04	4,02	4,25	16,24

Деформація дослідної рами

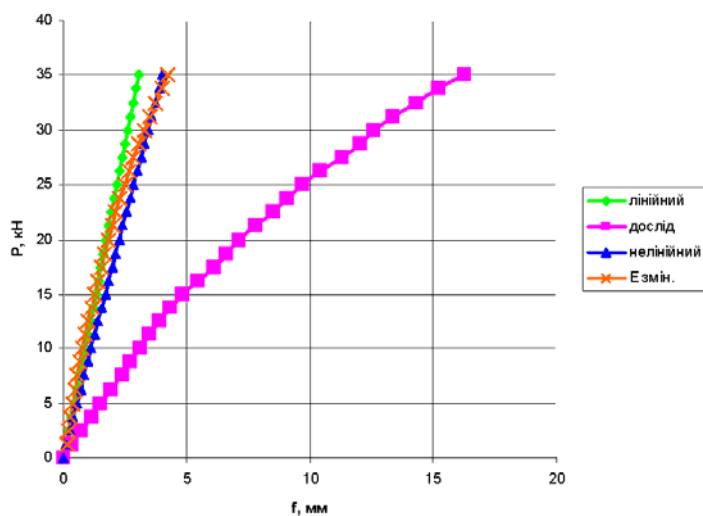


Рис. 3. Результати розрахунку на ЕОМ

Література

1. Ільчук Н.І. Особливості роботи П-подібних залізобетонних рам при короточасних малоциклових навантаженнях. Дис....канд. техн. наук. – Луцьк, 2007. – 227 с.
2. Барашиков А.Я., Скорук Т.В. Вплив повторних навантажень на міцність та деформації монолітних рамних вузлів // Будівельні конструкції. – Київ: НДІБК, 2007. – Вип. 66 – С. 370-377.