

Секція: **Матеріалознавство, міцність матеріалів і конструкцій**

УДК 69.07

Биків Н. – ст. гр. МБнм-61

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ ПІДСИЛЕНОЇ ВСТАВКАМИ ІЗ СПЛАВУ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ

Науковий керівник: д.т.н. професор Ясній П.В.

Bykiv N.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

MODELING OF MECHANICAL BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BEAM WITH REINFORCED INFLUENCE OF SHAPE MEMORY ALLOY USING FINITE ELEMENTS METHOD

Supervisor: Yasniy P.

Ключові слова: сплав пам'яті форми, надпружність.

Keywords: shape memory alloy, super elastic.

Методом скінчених елементів досліджено напружено-деформований стан залізобетонної балки із вставками із нікель-титанового сплаву з ефектом надпружності за трьохточкового вигину.

Залізобетонна балка розмірами 80×140×1200 мм, бетон класу C20/25, арматура А400С 2Ø12мм, монтажна арматура А240С 2Ø6мм, вставка з Ni-Ti 2Ø12 мм.

Основні характеристики механічних властивостей елементів балки, які використовували для моделювання подані в Таблиці 1.

Тут $\sigma_{0.2}$ – межа текучості матеріалу за розтягу (для NiTi сплаву – напруження початку прямого фазового перетворення); σ_{max} – межа міцності матеріалу за розтягу, E – модуль пружності I-го роду (модуль Юнга) матеріалу.

Характеристики механічних властивостей нітинолу визначали за деформування розтягом при температурі 18°C [1].

Варто зазначити, що значення умовної межі текучості і міцності нітинолу значно перевищують відповідні характеристики міцності сталеві арматури А 400С (Табл. 1).

Показники міцності бетону та арматури відповідають ДБН В.2.6-98:2009 [3] та ДСТУ Б В.2.6-156:2010[4].

Вільно оперта на двох опорах балка (рис.1) навантажена рівномірно розподіленим зусиллям $P = 9$ МПа, що перевищує значення напруження текучості робочої арматури А 400С на ділянці D. Розподілене на ділянці D зусилля, симетричне відносно поперечної площини симетрії балки та спрямоване в напрямку -Y. Також врахована сила тяжіння, що діє на балку та спрямована в напрямку -Y.

Таблиця 1. Основні характеристики механічних властивостей елементів балки

Елемент	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_{max} , МПа	E , ГПа
А 400С	365	460	210
NiTi	450	1200	52,7
Бетон C20/25	–	2,2	23

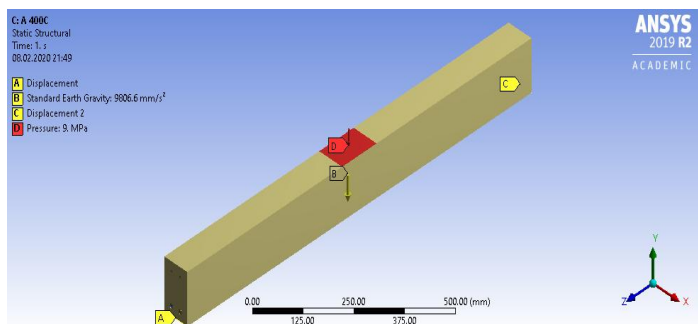


Рис.1. Розрахункова схема балки: а) вільно опертий стан де А та С – місця обпирання балки; В – прикладання сили тяжіння $g = 9.8066 \text{ м/с}^2$ до центра маси конструкції; D – ділянка прикладання зусилля $P = 9 \text{ МПа}$.

спричинено меншою жорсткістю СПФ (меншим модулем пружності) у порівнянні із класичною арматурою.

Значення максимального еквівалентного

напруження σ_{max} у балці із вставкою з СПФ дорівнює напруженню у балці без вставки. Проте вставка з СПФ у робочу арматуру зменшує максимальні залишкові напруження $\sigma_{\text{зал}}$ на 4,7% проти балки із класичною арматурою.

Таким чином, застосування сталеві арматури із вставками з СПФ є перспективним, оскільки підвищує тримкість залізобетонних балок, усуваючи виникнення пластичних деформацій в арматурі при підвищених навантаженнях, збільшує максимальні прогини і відносні видовження балки, а також усуває появу залишкових напружень в арматурі після розвантаження.

Література

1. Дивдик О.В., Луцик Н.С. Моделювання ефекту пам'яті форми методом скінченних елементів О. В. Dyvdyk, N. S. Lutsyk. ТНТУ, 2018. Vol. 186. P. 28–29.
2. Hamid N.A. et al. Behaviour of smart reinforced concrete beam with super elastic shape memory alloy subjected to monotonic loading // AIP Conference Proceedings. American Institute of Physics Inc., 2018. Vol. 1958.
3. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення 2011р.
4. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування 2011р.

Отримані результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану представлені у таблиці 2.

Аналізуючи отримані дані було зроблено наступні висновки:

Прогин балки із вставкою із СПФ за максимального навантаження перевищує на 9,2% прогин балки із робочою арматурою 400С. Максимальне еквівалентне відносне видовження ϵ_{max} зразка із вставкою СПФ на 48% більше, ніж у зразку без вставки. Це

Таблиця 2. Значення переміщень, максимальних напружень і залишкових напружень отримані МСЕ

Робоча арматура	Прогин балки, мм	ϵ_{max} , мм/мм	σ_{max} , МПа	$\epsilon_{\text{зал}}$, мм/мм	$\sigma_{\text{зал}}$, МПа
А 400С	6,25	$1,76 \times 10^{-3}$	370,25	$3,66 \times 10^{-4}$	76,80
Вставка з СПФ	6,82	$2,61 \times 10^{-3}$	377,63	$2,16 \times 10^{-5}$	3,64