

УДК 624.012

**ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПОЗАЦЕНТРОВО-СТИСНУТИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ
НАВАНТАЖЕНЬ ІЗ ЗНАКОЗМІННИМИ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТАМИ**

**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ВНЕЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ
МАЛОЦИКЛОВЫХ НАГРУЗОК ИЗ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫМИ
ЭКЦЕНТРИСИТЕТАМИ**

**FEATURES WORK BENDINGS OF REINFORCE-CONCRETE IS
REFLECTED OFF-CENTER-COMPRESSED UNDER THE ACTION OF
THE LOW-CYCLE LOADINGS WITH ALTERNATING
ECCENTRICITIES**

Алексієвєць І.І., асистент¹ (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Алексеевєц И.И., ассистент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ривне)

Aleksievets I.I., assistant (National university of water management and nature resources used, Rivne)

**Наведено результати експериментальних досліджень роботи
позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів за дії малоциклових
навантажень із знакозмінними ексцентриситетами**

**Приведено результати експериментальних досліджень роботи
внецентрално-сжатых железобетонных элементов при действии
малоцикловых нагрузок из знакопеременными эксцентриситетами**

**There are given the results of experimental researches of reinforce-concrete is
reflected off-center-compressed work under the actions of the low-cycle
loadings with alternating eccentricities**

Ключові слова:

Колони, несуча здатність, знакозмінні навантаження, стиск, переріз.

Колоны, несущая способность, знакопеременные нагрузки, сжатие, сечение.

Columns, bearing strength, alternating loadings, pressing, section.

¹ Робота виконана під керівництвом проф. Масюка Г.Х.

Вступ. На даному етапі розвитку теорії залізобетону, та з впровадженням нових нормативних документів по розрахунку конструкцій, широкого застосування набули повні діаграми деформування бетону, які і використовуються для визначення напружено-деформованого стану позациентрово-стиснутих елементів конструкцій. Проте вплив малоциклових навантажень із знакозмінними ексцентриситетами в цих розрахунках не відображений жодним чином, тому досить актуальною задачею є дослідження впливу малоциклових знакозмінних навантажень на зміну напружено-деформованого стану позациентрово-стиснутих залізобетонних елементів, та надання рекомендацій по їхньому розрахунку.

Методика досліджень. Матеріали, конструкція, виготовлення експериментальних зразків, схема дослідної установки, режими завантаження та розміщення приладів для вимірювання деформацій бетону та арматури наведена в [1, 3, 4]. Колони були випробування на малоциклові навантаження із знакозмінними ексцентриситетами протягом десяти циклів з доведенням до руйнування на одинадцятому циклі. Режими завантаження колон наведені на рис. 1.

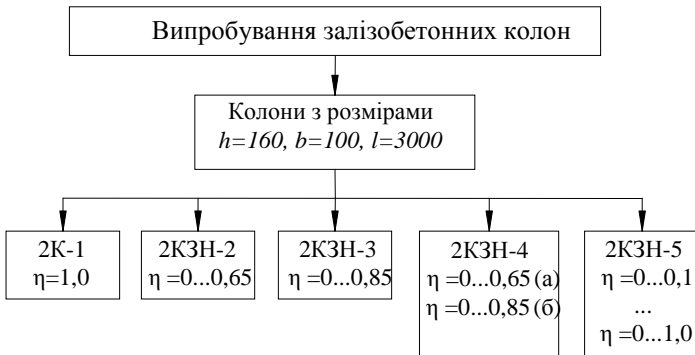


Рис. 1. Режими випробування залізобетонних колон

Колона 2К-1 була випробувана на одноразове навантаження, за результатами випробування було встановлено, що руйнівне зусилля стиску складо $N_c=120$ кН, та визначені максимальні відносні деформації найбільш напруженого шару бетону та розтягнутої арматури в найбільш небезпечному перерізі колони. Максимальні відносні деформації бетону вдалося зафіксувати на рівні $\epsilon_c=172,9 \cdot 10^{-5}$, відносні деформації найбільш розтягнутого арматурного стержня в момент близький до руйнування колони склали $\epsilon_{st}=251,6 \cdot 10^{-5}$ (рис. 2).

Прогин колони 2К-1, в момент близький до руйнування досяг значення $f = 4,23$ см.

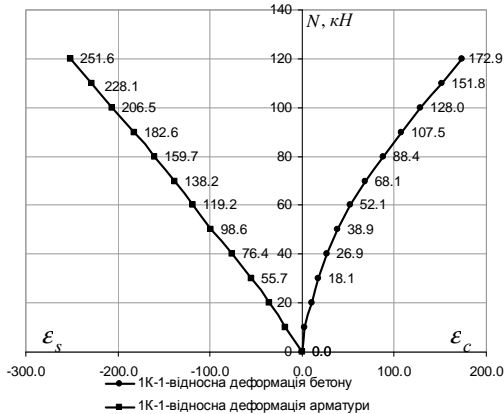


Рис. 2. Графіки деформування найбільш напруженого шару бетону та розтягнутої арматури в колоні 2К-1 в найбільш небезпечному перерізі за дії одноразового статичного навантаження

Найбільші відносні деформації бетону стиснутої зони колон марки 2КЗН-2 на верхньому рівні першого циклу, склали $\epsilon_c=112,8 \cdot 10^{-5}$, на другому циклі приріст деформацій склав 11,0 %, третій, четвертий та п'ятий цикли дали відповідно прирости – 0,6 %, 3,1 %, 3,9 % в порівнянні з другим циклом. В подальшому можна стверджувати, що відбулася стабілізація деформацій, оскільки приріст відносних деформацій між шостим та десятим циклом склав всього 1,1 % і досягли $\epsilon_c=132,6 \cdot 10^{-5}$ (рис. 3, табл. 1). При доведенні колони до руйнування (одинадцятий цикл) за навантажень $N=0,65N_c$ відносні деформації бетону у ній склали $\epsilon_c=131,5 \cdot 10^{-5}$, за навантажень $N=N_c=138$ кН відносні деформації досягли значення $\epsilon_c=206,2 \cdot 10^{-5}$.

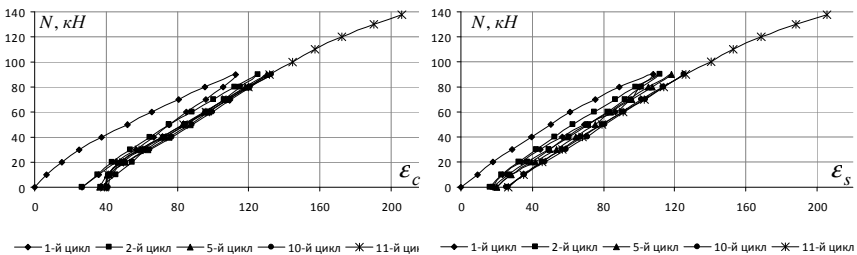


Рис. 3. Графіки деформування найбільш напруженого шару бетону та розтягнутої арматури в колоні 2КЗН-2 в найбільш небезпечному перерізі

На верхньому рівні першого циклу малоциклового знакозмінного навантаження, відносні деформації найбільш розтягнутого арматурного стержня, колон марки 2КЗН-2, склали $\epsilon_s=108,0 \cdot 10^{-5}$, на другому циклі приріст

відносних деформацій склав 3,4%. В подальшому на третьому, четвертому та п'ятому циклах цей приріст відносно другого циклу становив: 0,7%, 4,0% та 5,7%, між шостим та десятим циклами відносні деформації арматурного стержня зросли лише на 2,9% і відповідно досягли $\varepsilon_s=125,2 \cdot 10^{-5}$. Отже можна стверджувати, що після п'ятого циклу в колонах з рівнем навантаження $\eta=0 \dots 0,65$ від руйнівного, приріст деформацій в розтягнутій арматурі суттєво зменшується, а згодом практично затухає (табл. 1). На одинадцятому циклі, при доведенні колон до руйнування, відносні деформації арматури склали $\varepsilon_{si}=205,2 \cdot 10^{-5}$.

Таблиця 1

Відносні деформації бетону та арматури за дії циклічних навантажень в найбільш стиснутих волокнах колон марки 2КЗН-2

η	Цикли навантажень										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Відносні деформації бетону $\varepsilon_c \cdot 10^{-5}$											
0	20,2	36,8	37,7	39,5	39,9	40,3	40,8	40,7	41,0	41,1	-
0,65	112,8	125,2	126,0	129,1	130,1	131,2	131,7	132,0	132,3	132,6	131,5
Відносні деформації арматури $\varepsilon_s \cdot 10^{-5}$											
0	17,6	17,8	18,7	20,2	20,2	24,1	24,5	25,9	26,6	26,9	-
0,65	108,0	111,7	112,5	116,2	118,1	121,7	122,4	124,5	125,0	125,2	126,5

В колонах марки 2КЗН-3 (рис. 4, табл. 2), відносні деформації стиснутого бетону на першому циклі становив $\varepsilon_c=123,6 \cdot 10^{-5}$, в подальшому деформації між першим та п'ятим і п'ятим та десятими циклами зросли відповідно на 5,7% та 5,1%. Руйнування колони відбулося $N=N_c=140$ кН відносні деформації бетону досягли значення $\varepsilon_c=190,8 \cdot 10^{-5}$. Приріст відносних деформацій арматури з першого по п'ятий та з п'ятого по десятий цикли становив 3,6% та 5,3% відповідно, на руйнівному одинадцятому циклі вони досягли значень $\varepsilon_{si}=201,8 \cdot 10^{-5}$.

Прогини на першому циклі завантаження колон 2КЗН-3 становили $f=2,065$ см, на п'ятому циклі – 2,623 см, на десятому циклі – 2,811 см, в момент близький до руйнування колони – $f=3,377$ см.

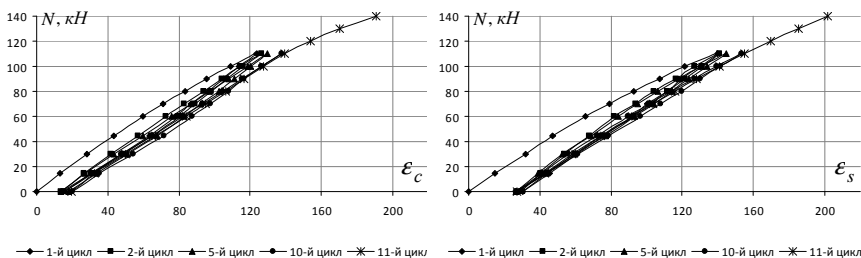


Рис. 4. Графіки деформування найбільш напруженого шару бетону та розтягнутої арматури в колоні 2КЗН-3 в найбільш небезпечному перерізі

Відносні деформації бетону та арматури за дії циклічних навантажень в найбільш стиснутих волокнах колон марки 2КЗН-3

η	Цикли навантажень										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Відносні деформації бетону $\varepsilon_c \cdot 10^{-3}$											
0	14,2	15,2	15,9	16,6	17,7	18,2	18,4	19,1	20,0	20,6	-
0,85	123,6	126,0	129,7	130,3	130,7	131,2	134,3	135,5	136,8	137,9	139,0
Відносні деформації арматури $\varepsilon_s \cdot 10^{-3}$											
0	30,5	30,2	26,5	26,7	26,4	27,9	27,8	26,5	27,2	27,3	-
0,85	139,8	140,8	146,6	148,2	144,5	145,8	151,0	152,3	153,1	153,6	154,8

Колони марок 2КЗН-4, випробовувались в режимі $\eta=0\dots 0,65$ - $\eta=0\dots 0,85$ через один цикл. Відносні деформації бетону на першому циклі досягли значення $\varepsilon_c=153,1 \cdot 10^{-5}$, на другому $\varepsilon_c=171,2 \cdot 10^{-5}$, в подальшому спостерігалась тенденція до зменшення цих деформацій, як на рівні завантаження $\eta=0,65$, так і на рівні $\eta=0,85$. Зокрема спадання значень деформацій бетону на п'ятому та шостому циклах малоциклового завантаження склало 6,5% та 4,0% відповідно, на наступних циклах навантаження деформації стабілізувались (рис. 5, табл. 3). Руйнування відбулося при $N=N_c=140$ кН, при цьому деформації бетону досягли $\varepsilon_c=190,1 \cdot 10^{-5}$.

Деформації найбільш розтягнутої арматури також дещо зростали до п'ятого, шостого циклів, зокрема приріст їх становив 16,1% – при рівні $\eta=0,65$ та 6,2% – при рівні $\eta=0,85$. На десятому, одинадцятому циклах деформації зросли всього на 2,5% та 1,6% і становили $\varepsilon_s=136,6 \cdot 10^{-5}$ та $\varepsilon_s=111,5 \cdot 10^{-5}$, тобто можна стверджувати, що відбулась стабілізація деформацій арматури після шостого циклу. В момент близький до руйнування елементу, деформації досягли значення $\varepsilon_{st}=182,2 \cdot 10^{-5}$.

Значення середнього прогину колон 2КЗН-4, в найбільш небезпечному перерізі, на першому циклі становив $f=1,770$ см, на другому – $f=1,806$ см, надалі відбувалось зростання прогину, зокрема на восьмому – $f=2,347$ см та на дев'ятому – $f=2,032$ см. При $N=N_c$ прогин становив $f=3,425$ см.

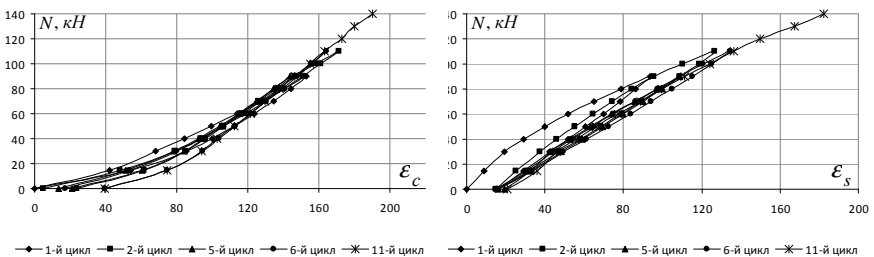


Рис. 5. Графіки деформування найбільш напруженого шару бетону та розтягнутої арматури в колоні 2КЗН-4 в найбільш небезпечному перерізі

Відносні деформації бетону та арматури за дії циклічних навантажень в найбільш стиснутих волокнах колон марки 2КЗН-4

η	Цикли навантажень										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Відносні деформації бетону $\varepsilon_c \cdot 10^{-3}$										
0	8,4	10,2	12,8	15,4	16,1	17,2	17,3	19,3	21,4	21,3	-
0,65	153,1	-	146,5	-	143,7	-	143,6	-	145,7	-	146,5
0,85	-	171,2	-	164,4	-	164,6	-	164,4	-	163,4	-
	Відносні деформації арматури $\varepsilon_s \cdot 10^{-3}$										
0	14,6	16,1	14,4	15,0	15,5	15,8	14,7	15,2	16,0	16,5	-
0,65	93,7	-	104,3	-	108,8	-	109,6	-	111,7	-	111,5
0,85	-	126,5	-	130,9	-	134,4	-	134,8	-	136,6	-

Висновки. Встановлено, що при повторних малоциклових навантаженнях не вище експлуатаційного рівня стабілізація основних параметрів, що характеризують напружено-деформований стан нормальних перерізів позациентрово-стиснутих елементів, відбувається після п'яти – семи циклів повторних навантажень.

Виявлено, що розвиток та стабілізація деформацій залежить від верхнього рівня малоциклового навантаження, зокрема найбільший приріст відносних деформацій розтягнутого арматурного стержня та стиснутого бетону на верхньому рівні малоциклових навантажень спостерігався в залізобетонних колонах 2КЗН-2 ($\eta=0...0,65$) і за десять циклів вони зросли: арматура – на 17,1%, бетон – 16,7%.

Довантаження колон вище експлуатаційного рівня призводило до зростання деформацій бетону на 56,8%, арматури на 62,2 % та прогинів на 45%, що потрібно враховувати при проектуванні залізобетонних конструкцій.

Розглядаючи прогини колон, слід відмітити, що важливу роль в подальшій роботі елемента відіграє центрування.

1. Алексієвць І.І. Дослідження зміни прогинів позациентрово-стиснутих залізобетонних елементів за дії малоциклових навантажень із знакозмінними ексцентриситетами // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди – Рівне 2012. – №23. – с. 82-87. 2. Бабич С.В. Исследование и расчет внецентренно-сжатых элементов с переменными эксцентриситетами по длине // Бетон и железобетон. – 1999. – №2. – с. 12-14. 3. Масюк Г.Х. Методика експериментальних досліджень міцності, деформативності та тріщиностійкості позациентрово-стиснутих залізобетонних елементів при дії малоциклових знакозмінних навантажень / Г.Х. Масюк, І.І. Алексієвць // Вісник НУВГП. Збірник наукових праць. – Рівне. – 2008. – Випуск 4(44). – с. 122-127. 4. Масюк Г.Х. Результати експериментальних досліджень несучої здатності та тріщиностійкості позациентрово-стиснутих залізобетонних елементів при дії малоциклових навантажень із знакозмінними ексцентриситетами / Г.Х. Масюк, І.І. Алексієвць // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди – Рівне 2010. – №20. – с. 252-257.