

УДК 624.012

Гришкова А.В.,
Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ ПОВТОРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ СЕРПОВИДНОГО ПРОФІЛЮ З БЕТОНОМ

Наведені результати експериментальних досліджень зчеплення з бетоном арматури класу А500С, на основі яких встановлено, що повторні навантаження призводять до виникнення повного та залишкового проковзування стержнів і не впливають на величину напружень в арматурі в граничному стані порівняно з одноразовим навантаженням.

Ключові слова: *арматура серповидного профілю класу А500С, повне та залишкове проковзування стержнів, зчеплення арматури з бетоном, цикли, повторне навантаження, одноразове навантаження.*

Стан проблеми та задачі досліджень

Зчеплення арматури з бетоном є визначальним фактором у забезпеченні їхньої спільної роботи в складі залізобетонних конструкцій. Теорія зчеплення арматури з бетоном розроблена в достатній мірі при дії короткочасних навантажень, виконано велику кількість експериментальних досліджень зчеплення бетону з арматурою класів А-II, А-III та іншою, яка зараз вже практично не випускається й не застосовується при виготовленні залізобетонних конструкцій. Відомо, що переважна більшість конструкцій піддається дії повторних навантажень. Повторні змінні навантаження не тільки кількісно, але й якісно змінюють напружено-деформований стан залізобетонних конструкцій. У процесі повторних навантажень виникають суттєві зміни фізико-механічних властивостей бетону, що безпосередньо відображаються на міцності зчеплення й деформативності арматури в бетоні, процесі тріщиноутворення. Дослідження, що присвячені спільній роботі арматури з бетоном при повторних навантаженнях в науковій літературі, аналізуються дуже рідко. Зчеплення арматурного прокату серповидного профілю за ДСТУ 3760:2006 досліджено мало, а при дії повторних малоциклових навантажень майже не розглядалося.

З наведеного випливає актуальність проведення досліджень зчеплення прокату серповидного профілю з бетоном при одноразових короткочасних і повторних навантаженнях. В даній статті ставиться задача експериментально дослідити вплив повторних навантажень різних рівнів на межу зчеплення арматурного прокату класу А500С з бетоном.

Конструкція дослідних зразків та матеріали для їхнього виготовлення. методика досліджень

Для дослідження поставленого питання були виготовлені бетонні призми квадратного перерізу зі стороною 15 см і висотою призм $5d$, що рівне 8 см (табл. 1, рис. 1). В позначенні зразків число після букви «П» (призма) означає рівень навантаження, наступні цифри – номер зразка. Літера «к» указує, що зразки випробувані короточасним одноразовим навантаженням, а „п” – повторними.

Арматурні стержні розташовували в призмах таким чином, щоб їхні поздовжні осі співпадали, а виступаючі частини стержнів дозволяли з одного боку закріплювати їх в захваті преса, а з другого (вільного) - вимірювати переміщення (проковзування) відносно торця призм.

Для дослідження вибрані стержні діаметром 16 мм ($\text{Ø}16 \text{ A500C}$), механічні характеристики яких визначали шляхом випробування на розтяг в розривній машині за стандартною методикою. Тимчасовий опір розриву стержнів склав $\sigma_u = 672,2 \text{ МПа}$, умовна межа текучості - $\sigma_{0,2} = 497,3 \text{ МПа}$ і модуль пружності –

$$E_s = 1,99 \times 10^5 \text{ МПа.}$$

Таблиця 1

Об'єм експериментальних досліджень

Клас бетону	Діаметр стержнів, мм	Рівень навантаження	Кількість зразків, шт.	Марка зразків
В25	16		3	П-к1,2,3
		0,60	3	П-0,6п-1,2,3
		0,75	3	П-0,75п-1,2,3
		0,90	3	П-0,9п-1,2,3

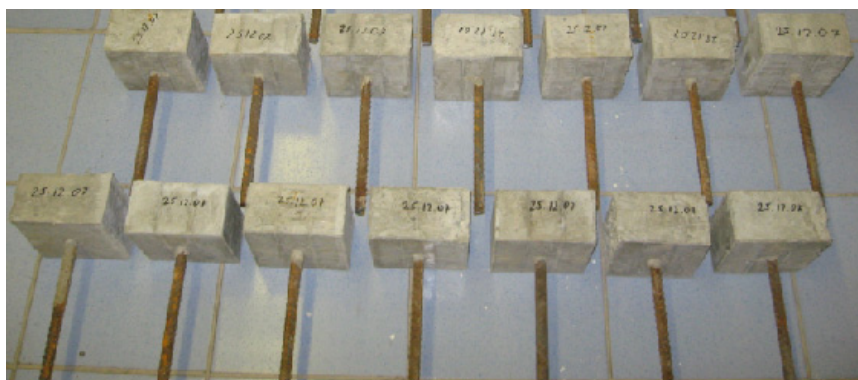


Рис.1. Загальний вигляд зразків

Бетон використовували проектного класу В25, механічні характеристики якого визначали шляхом випробування бетонних кубів з розміром ребер

15 см і призми з поперечним перерізом 15×15 см і висотою 60 см, які виготовлялися одночасно з виготовленням основних зразків. Характеристики бетону: кубикова міцність у віці 28 діб – $R = 30,5$ МПа; призмочна міцність у віці 57 діб (вік бетону на початку випробовувань основних зразків) $R_b = 21,3$ МПа. Випробовування серії зразків виконували на протязі 6 діб, а тому можна вважати, що за цей час міцність бетону не змінювалася.

Дослідження зчеплення арматури з бетоном виконували шляхом висмикування (витягання) стержня з бетонної призми з використанням спеціального натяжного пристрою в розривній гідравлічній машині. Навантаження до стержня прикладали ступенями, рівними 2,0 кН. Під час навантажень вимірювали проковзування (переміщення) вільного кінця стержня відносно торця призми годинниковим індикатором з ціною поділки 0,001 мм та деформації стержня з боку дії навантаження тензومتром Гугенберґера на базі 20 мм з ціною поділки 0,001 мм (Рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд випробовування зразків

Призми П-к випробовували одноразовим навантаженням до руйнування, а призми П-0,6п, П-0,75п і П-0,9п піддавалися повторним десятикратним навантаженням до рівнів відповідно $\eta_{сус} = 0,6$, $\eta_{сус} = 0,75$, $\eta_{сус} = 0,9$ ($\eta_{сус} = P_{сус}/P_u$;

P_u – граничне значення зусилля зчеплення; P_{cyc} – зусилля на циклах повторного навантаження). На одинадцятому циклі ці призми довантажувалися до граничного стану, коли повне проковзування складало $\delta_u = 0,2$ мм.

За граничний стан зчеплення арматури з бетоном згідно з Британським стандартом BS 4449:1997 прийнято стан, коли проковзування (переміщення) вільного кінця стержня відносно торця призми складає $\delta_u = 0,2$ мм.

Зчеплення арматури з бетоном при одноразових навантаженнях

Результати дослідів засвідчили достатню однорідність бетону в зразках - близнюках. В трьох зразках П-к значення $\delta_u = 0,2$ мм було досягнуто при напруженнях в стержнях відповідно $\sigma_{s0} = 136,8; 134,9; 134,3$ МПа при середньому значенні $\sigma_{s0m} = 135,1$ МПа (коефіцієнт мінливості $v = 0,0107$).

Треба зазначити, що усі призми при збільшенні навантаження після досягнення $\delta_u = 0,2$ мм крихко руйнувалися, при цьому спостерігалось їхнє розколювання вздовж стержнів. Величина проковзування вільного кінця стержня в бетоні, рівна $\delta_u = 0,2$ мм, може бути прийнята за критерій визначення граничного стану зчеплення з бетоном арматури серповидного профілю.

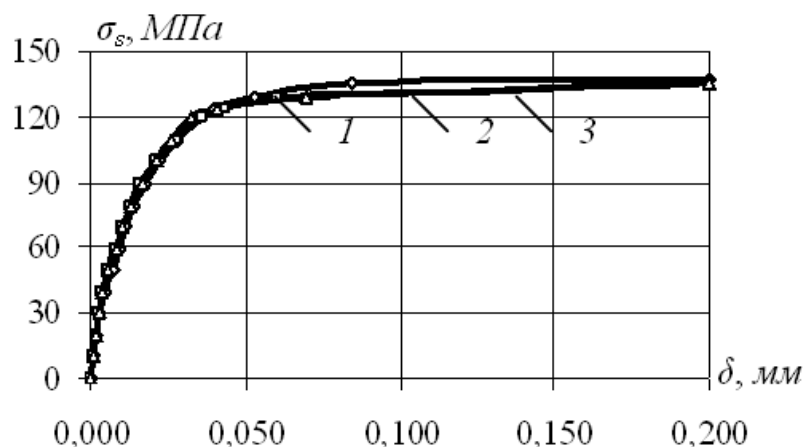


Рис. 3. Зміна проковзування стержня δ залежно від напруження σ_s в призмах П-к1,2,3

Зчеплення арматури з бетоном при повторних навантаженнях

На першому циклі в призмах П-0,6п середні (по трьом зразкам-близнюкам) зміщення арматури відносно бетону при максимальному рівні повторних навантажень ($\sigma_s = 79,6$ МПа) становили 0,015 мм, а величина залишкового проковзування після першого циклу склала 0,003 мм (рис. 4). На другому циклі навантаження-розвантаження максимальне проковзування становило 0,017 мм, а залишкове збільшилися до 0,004 мм (23,5 % від максимального). В подальшому зі збільшенням циклів максимальне і

залишкове проковзування дещо збільшувалися і після п'ятого циклу відбулася їхня стабілізація на рівні: максимальне проковзування склало 0,02 мм, а залишкове – 0,006 мм. На 11-му циклі зміщення вільного кінця стержня відносно торця призми на 0,2 мм відбулось при напруженні $\sigma_{s0m} = 134,3$ МПа, при цьому ж навантаженні зразок зруйнувався.

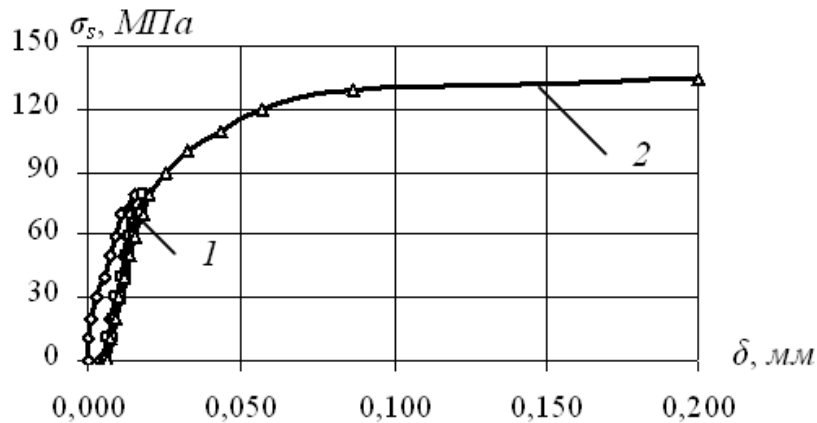


Рис. 4. Зміна проковзування стержня δ залежно від напруження σ_s в призмах П-0,6п: 1 – перший цикл; 2 – одинадцятий цикл (в проміжку третій, п'ятий і сьомий цикли)

На першому циклі в призмах П-0,75п середні зміщення арматури відносно бетону при максимальному рівні повторних навантажень ($\sigma_s = 99,45$ МПа) становили 0,019 мм, а величина залишкового проковзування після першого циклу склала 0,003 мм (рис. 5). На другому циклі навантаження-розвантаження максимальне проковзування становило 0,022 мм, а залишкове збільшилися до 0,005 мм.

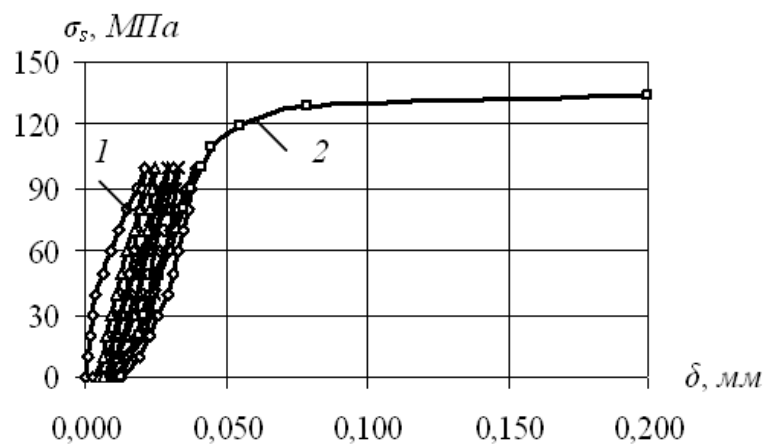


Рис. 5. Зміна проковзування стержня δ залежно від напруження σ_s в призмах П-0,75п: 1 – перший цикл; 2 – одинадцятий цикл (в проміжку третій, п'ятий сьомий і десятий цикли).

В подальшому зі збільшенням циклів максимальне і залишкове проковзування збільшувалися всередньому на 0,001 мм з кожним циклом і після десятого циклу максимальне проковзування склало 0,033 мм, що на 6,5 % більше ніж в зразках П-0,6п, а залишкове – 0,010 мм. На 11-му циклі зміщення вільного кінця стержня відносно торця призми на 0,2 мм відбулось при такому ж напруженні $\sigma_{s0m} = 134,26$ МПа, як і в зразках П-60п.

На першому циклі в зразках П-0,9п середні зміщення арматури відносно бетону при максимальному рівні повторних навантажень ($\sigma_s = 120,83$ МПа) становили 0,045 мм (22,5 % від руйнівного), а величина залишкового проковзування після першого циклу склала 0,024 мм (рис. 6). На другому циклі навантаження-розвантаження максимальне проковзування становило 0,055 мм, а залишкове збільшилося до 0,030 мм. В подальшому зі збільшенням циклів максимальне і залишкове проковзування збільшувалися значно інтенсивніше і після десятого циклу максимальне проковзування склало 0,096 мм, що на 38 % більше, ніж у зразках П-0,6п, а залишкове – 0,063 мм. На 11-му циклі зміщення вільного кінця стержня відносно торця призми на 0,2 мм відбулось при напруженні $\sigma_{s0m} = 134,76$ МПа, при цьому ж навантаженні зразок зруйнувався.

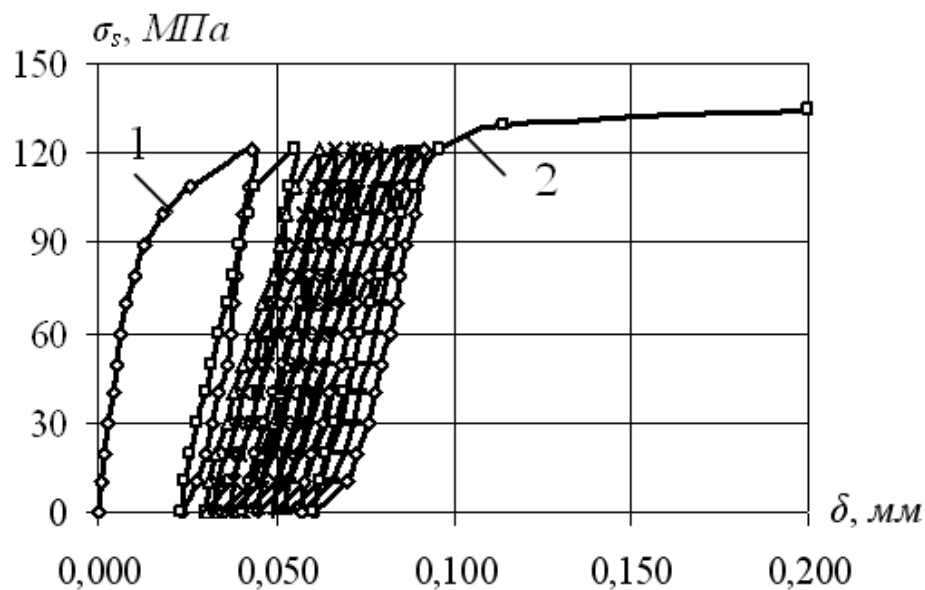


Рис. 6. Зміна проковзування стержня δ залежно від напруження σ_s в зразках П-0,9п: 1 – перший цикл; 2 – одинадцятий цикл (в проміжку з другого по десятий цикли).

Повторні навантаження призводять до виникнення залишкового проковзування стержнів і практично не впливають на величину напружень в арматурі в граничному стані порівняно з одноразовим навантаженням (рис. 7).

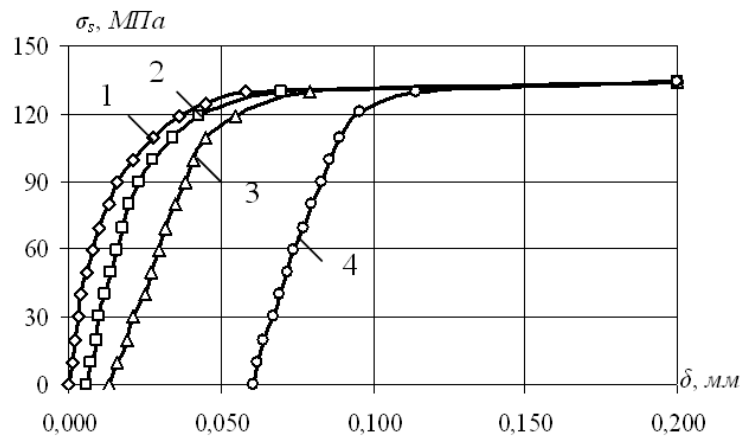


Рис. 7. Зміна проковзування стержня δ залежно від напруження σ_s в призмах 1 - П-к, та в призмах 2 - П-0,6п, 3 - П-0,75п, 4 - П-0,9п на одинадцятих циклах

Висновки

1. За граничний стан зчеплення з бетоном арматури серповидного профілю можна вважати стан, коли зміщення вільного кінця стержнів відносно бетону складає 0,2 мм.

2. Експериментально підтверджено, що при повторних навантаженнях до рівня 0,6 від руйнівного стабілізація деформацій відбувається на четвертому - шостому циклах, при навантаженнях до рівня 0,75 деформації помірно зростають на 0,001 мм з кожним циклом, а при навантаженнях до рівня 0,9 деформації постійно зростають і після 10-го циклу складають 50 % руйнівного.

3. Повторні навантаження призводять до виникнення залишкового проковзування стержнів і не впливають на величину напружень в арматурі в граничному стані порівняно з одноразовим навантаженням.

Література

1. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. ДСТУ 3760:2006.-Київ: Держспожив-стандарт України, 2007. – 28 с.

2. Худик Ю.Т., Рыбалка Е.М., Кекух А.В., Жильцов Н.П., Климов Ю.А. Производство и применение арматурного проката класса А500С / Будівельні конструкції: Збірник наукових праць. – Київ: НДІБК, 2003, - Випуск 59. – Книга 1. – С. 22 – 25.

3. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры. – Киев: Технический комитет по стандартизации «Арматура для железобетонных конструкций», 2002. – 39 с.

4. Чапюк О.С. Методика експериментальних досліджень зчеплення бетону з арматурою класу А500С / О.С. Чапюк // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: Збірник наукових праць. - Рівне: НУВГП, 2008.- Випуск 33. – С. 114 – 120.

Аннотація

Приведены результаты исследования сцепления с бетоном арматуры класса А500С, на основании которых установлено, что повторные нагрузки приводят к появлению полных и остаточных скольжений стержней и не влияют на величину напряжений в арматуре в предельном состоянии по сравнению с одноразовым напряжением.

Annotation

The given results of experimental investigation of cohesion of concrete of armature of class А500С on the ground of which is established, that repeating loadings diversity levels to arising remainter sliding of pivots and it doesn't influtnce to great strain of armature in a maximum status compared with disposable loading.