

УДК 624.012.25

ВПЛИВ КОРОТКОЧАСНИХ ПОВТОРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА РОБОТУ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ЛОТКІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ПОВТОРНЫХ НАГРУЗОК НА РАБОТУ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЛОТКОВ ВОДООТВОДА

THE INFLUENCE SHORT-TIME REPEATED LOADING ON THE STEEL FIBER CONCRETE DRAINAGE TRAYS

Андрійчук О.В., к.т.н., доцент, Ясюк І.М., аспірант (Луцький НТУ, м. Луцьк)

Андрійчук А.В., к.т.н., доцент, Ясюк І.Н., аспірант (Луцький НТУ, г. Луцьк)

O. Andriichuk, Ph.D., associate professo, I. Yasyuk, PhD student (Lutsk National Technical University, Lutsk)

У статті описано дослідження дисперсно-армованих лотків для притрасового водовідведення короткочасними повторними навантаженнями та представлено отримані результати.

В статье описано исследование дисперсно-армированных лотков для притрасового водоотвода и поданы результаты исследования при влиянии кратковременных повторных нагрузок.

Posted research information dispersed-reinforced trays sewage systems and described methods and results of research under the influence of intermittent repeated load.

Ключові слова:

Залізобетон, сталевібробетон, фібра, лоток, повторні навантаження.
Железобетон, сталевібробетон, фибра, лоток, повторные нагрузки.
Reinforced concrete, steel fibre concrete, fibre, tray, repeated loading

Мета дослідження. Дослідженню сталевібробетону (СФБ) надається належна увага, оскільки він є ефективним матеріалом для виготовлення багатьох будівельних конструкцій [1...4]. Через вищу тріщиностійкість та жорсткість в порівнянні з залізобетоном його доцільно застосовувати у тому числі й для виготовлення лотків притрасового водовідведення, які можуть використовуватися і в гідромеліоративних системах [5...7].

Варто відмітити, що під час експлуатації залізобетонних елементів та конструкцій в дорожньому будівництві під впливом погодного-кліматичних факторів та вібраційних коливань (повторних навантажень) від руху транспортних засобів на їх поверхні відбувається руйнування, що призводить до утворення тріщин, вибоїн, вилушування бетону, руйнування захисного шару бетону та ін. Перспективна інтенсивність руху на дорогах I-а та I-б категорії приймається в розрахунках понад 10000 транспортних засобів на добу. Пропускна здатність окремих а/д України навіть перевищує ці стандарти – зокрема дорога Київ-[Бориспіль](#) має пропускну здатність 40 тис. авт/добу. Величезні потоки транспорту проходять через січення доріг такого класу та створюють значні динамічно-вібраційні коливання. Повторність навантажень має істотний вплив на роботу та термін експлуатації лотків водовідведення. Одним з варіантів вирішення даної проблеми є застосування дисперсно-армованого бетону в конструкції водовідвідних лотків.

Експериментальні дослідження лотків систем придорожного водовідведення виготовлених із СФБ при дії повторних навантажень, порівняння отриманих даних із результатами випробувань типових лотків і виявлення переваг та недоліків при застосуванні дисперсно-армованого бетону в конструкції лотків є актуальною та доцільною задачею. В статті поставлено за мету висвітлити результати дослідження міцності, жорсткості та тріщиностійкості лотків із СФБ за дії короточасних повторних навантажень із рівнем завантаження $\eta_{свс} = 0,6$.

Експериментальні зразки та методика їх випробовування. В якості прототипу (макету) під час розроблення лотка зі СФБ було взято за основу з/б лоток-напівтрубу – через відсутність кутів (концентраторів напруження), найбільше "робоче" січення при найменшій площі поверхні та достатньо просту технологію виготовлення зразків.

Дослідні лотки мали товщину стінки $t = 40$ мм, внутрішній діаметр $d_{вн} = 300$ мм ($d_3 = 380$ мм) і довжиною лотка $l = 300$ мм. Виготовлялися з бетону класу С12/15. Для отримання СФБ в якості дисперсного армування лотків застосовується хвиляста сталевана анкерна фібра $\varnothing 0,8$ мм та довжиною 50 мм, що вводиться в матрицю-бетон. Склад бетонної суміші для виготовлення дослідних зразків класу С12/15 подано в табл. 1.

Таблиця 1

Витрата матеріалів для приготування бетону С12/15 в об'ємі $0,33 \text{ м}^3$

| Портландцемент (М400), кг | Щебінь, кг | Пісок, кг | Вода, л |
|---------------------------|------------|-----------|---------|
| 94,41 | 356,51 | 262,43 | 69,32 |

Для проведення дослідження виготовлено три з/б лотки з відсотком армування сталевим каркасом $\mu \approx 2\%$, три СФБ зразки з $\mu \approx 2\%$, і три зразки із сталевіброзалізобетону (СФЗБ) в яких відсоток армування фібрами становить $\mu \approx 1\%$, а відсоток армування сталевим каркасом $\mu \approx 1\%$ (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд сформованих моделей притрасових лотків

У процесі випробування зразків для порівняння роботи ЗБ, СФБ і СФЗБ лотків прийнято за доцільне проведення експериментальних досліджень згідно табл. 2, відповідно до мети та задач, поставлених у роботі.

Таблиця 2

План експериментальної частини при дослідженні лотків водовідведення

| Серія | Навантаження | Досліджувальні параметри | Особливості зразків | Маркування зразків |
|-------|--|--|---|-------------------------------------|
| II | Повторні з рівнем $\eta_{сус} = 0,6$ при 10 циклах. Крок – 10 % від руйнівного | Міцність, деформативність, тріщиностійкість при дії повторних навантажень з $\eta_{сус} = 0,6$ | Залізобетонні, С12/15, $\mu \approx 2\%$ | 2ЗБп-1, 2ЗБп-2, 2ЗБп-3; |
| | | | Сталефібробетонні, С12/15, $\mu \approx 2\%$ | 2СФБп-1, 2СФБп-2, 2СФБп-3; |
| | | | Сталофіброзалізобетонні С12/15, $\mu \approx 1+1\%$ | 2СФЗБп-1, 2СФЗБп-2, 2СФЗБп-3; |

Випробування дослідних зразків (лотків) виконується шляхом прикладання до металевої траверси зосередженого вертикального навантаження, яке діє на лоток як рівномірно розподілене (рис. 2).

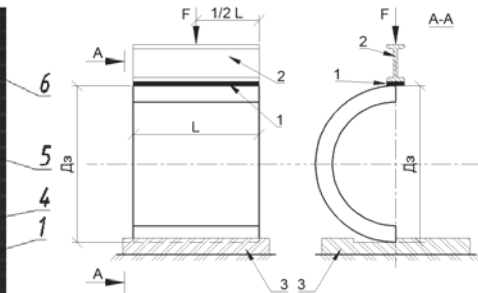
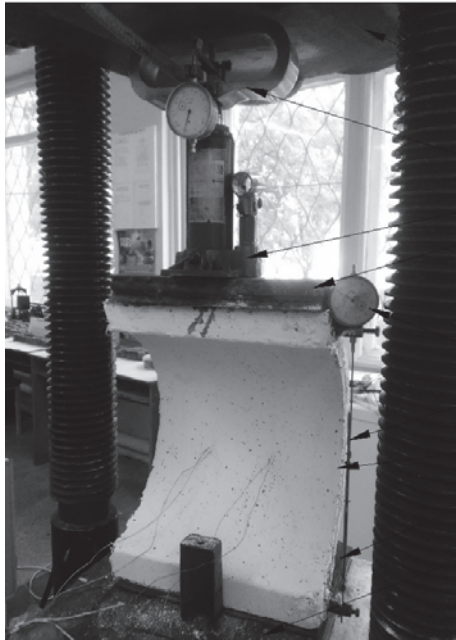


Рис. 2. – Загальний вигляд дослідження водовідвідного лотка:
 1 - металева траверса;
 2 - дослідний водовідвідний лоток;
 3 - нерухома основа;
 4 - гідравлічний домкрат;
 5 - зразковий динамометр;
 6 - верхня плита пресу ПСУ-125;
 7 - нижня плита пресу ПСУ-125;
 8 - датчик визначення переміщення;
 9 - штанга переміщення

В процесі дослідження нижня частина елемента спирається на жорстку основу. Для цього використано гідравлічний прес ПСУ-125. Для підвищення точності вимірювання діючого зусилля використовується зразковий протестований динамометр, що дає можливість виміряти навантаження з точністю 50 Н. Навантаження створюється гідравлічним домкратом.

Для вимірювання переміщень стінок лотків використовується індикатор годинникового типу МИГ-1, з ціною поділки 0,01 мм (прикріплюється за допомогою металевих тримачів). Ширина розкриття тріщин визначається за допомогою мікроскопа МПБ-3 з ціною поділки 0,05 мм. Для покращення візуального спостереження за $a_{стг}$ лотки фарбуються вапняним розчином.

Повторні навантаження прикладалися ступенями по 1,5 кН/м. Розвантаження зразків на циклах виконувалося такими ж ступенями. Після кожного ступеня навантаження робиться витримка 5 - 7 хв, під час якої знімаються покази індикаторів, вимірюються деформації перерізу та вимірюється ширина розкриття тріщин. Детально конструктивні рішення, технологію виготовлення та методику дослідження експериментальних лотків повторними навантаженнями представлено в статті [6].

Результати досліджень. Випробування залізобетонних зразків. Дослідження проводилося на лотках II серії: 23Бп-1, 23Бп-2і 23Бп-3, із відсотком армування сталевими каркасами $\mu = 2$. Під час дослідження лотки 23Бп-1...3 на протязі 10 циклів ступенями навантажувались до рівня $\eta_{стг} = 0,6$ від руйнівного зусилля, а на 11 циклі були доведені до руйнування.

Деформування перерізу зразків 23Бп-1...3 (Δl) на ділянці $F = 0 \dots 6,33$ кН відбувалося лінійно та становило в максимальному навантаженні на даній ділянці ($F = 6,33$ кН) значення $\Delta l = 0,94$ мм. На ділянці $F = 6,33 \dots 9,33$ кН деформування зразків збільшилося нелінійно до значення $\Delta l = 0,94 \dots 2,78$ мм (процес тріщиноутворення). В подальшому деформування зразків набуло певної лінійної закономірності, але з більшим приростом (рис. 3). Експериментальна середня несуча здатність для зразків 23Бп становить $F_u = 20,0$ кН.

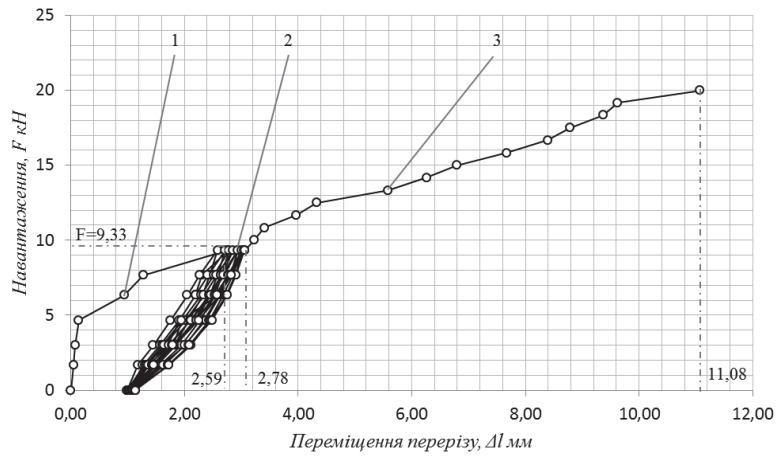


Рис. 3. Деформування зразків 23Бп при дії повторних навантажень:
1 – під час дії 1-го циклу; 2 – під час дії 2-го...10-го циклу; 3 – під час дії 11-го циклу

Перші видимі тріщини в зразках 13Бп-1...3 виникли на першому циклі при навантаженні $F = 7,67$ кН шириною $a_{\text{срс}} = 0,23$ мм. При максимальному навантаженні в першому циклі, що становило $F = 9,33$ кН тріщини розкрилися до $a_{\text{срс}} = 0,38$ мм. При розвантаженні зразків до $F = 0$ кН залишкова ширина розкриття тріщин становила в межах $a_{\text{срс}} = 0,28 \dots 0,43$ мм. Вигляд тріщин в лотках 23Бп представлено на рис. 4.

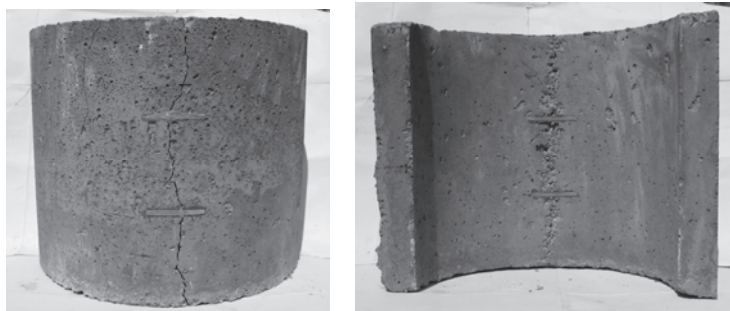


Рис. 4. Вигляд тріщин в зразках 23Бп: зона розтягу та стиску

Випробування сталевібробетонних зразків. Дослідження проводилося на лотках II серії: 2СФБп-1, 2СФБп-2 і 2СФБп-3 виготовлених із СФБ ($\mu = 2$). Під час дослідження 2СФБп-1...3 на протязі 10 циклів ступенями навантажувались до рівня $\eta_{свс} = 0,6$, а на 11 циклі були доведені до руйнування.

При навантаженні на циклах максимального зусилля ($F = 9,33$ кН) з кожним циклом деформування зразків 2СФБп-1...3 постійно збільшувалися в проміжку $\Delta l = 0,47 \dots 1,07$ мм. Експериментальна несуча здатність для зразків 2СФБп становить $F_u = 10,83$ кН (рис. 5).

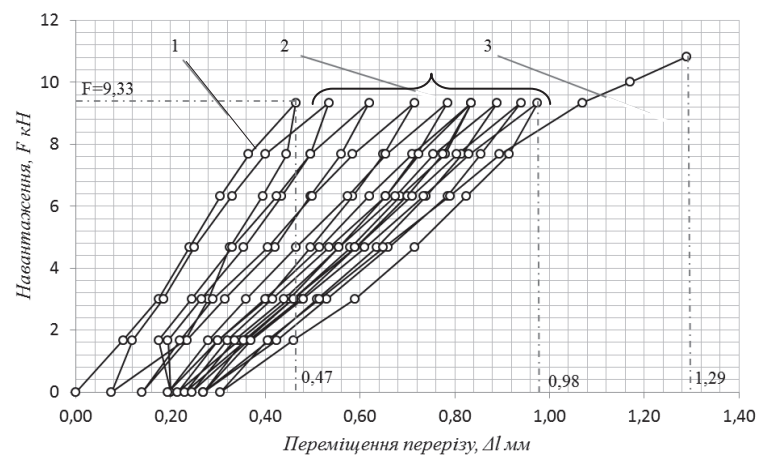


Рис. 5. Деформування зразків 2СФБп дії повторних навантажень: 1 – під час дії 1-го циклу; 2 – під час дії 2-го...10-го циклу; 3 – під час дії 11-го циклу

В елементах 2СФБп-1...3 перші видимі тріщини виникли на 10 циклі при $F = 9,33$ кН з шириною $a_{срс} = 0,05$ мм. На 11 циклі при $F = 9,33$ кН ширина розкриття тріщин вже була $a_{срс} = 0,1$ мм. При середньому $F = 10,83$ кН зразки переставали чинити опір навантаженню та відбувалося їхнє руйнування. Вигляд тріщиноутворення лотка 2СФБп (рис. 6).

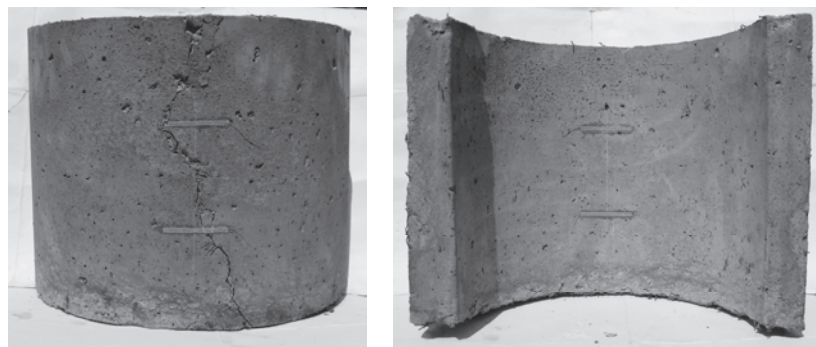


Рис. 6. Вигляд тріщин зразків 2СФБп: зона розтягу та стиску

Випробування сталевіброзалізобетонних зразків. Дослідження проводилось на лотках: 2СФЗБп-1, 2СФЗБп-2 і 2СФЗБп-3 із відсотками армування сталевим каркасом $\mu = 1$ і сталевими анкерними фібрами $\mu = 1$, а $\mu_{заг} = 2$.

Під час дослідження 2СФЗБп-1...3 на протязі десяти циклів ступенями навантажувались до рівня $\eta_{свс} = 0,6$ від руйнівного зусилля, а на одинадцятому циклі були доведені до руйнування. Розвантаження зразків на циклах виконувалося такими ж ступенями, як і при навантаженні.

Переміщення перерізу зразків 2СФЗБп-1...3 у вертикальному (Δl) напрямку на ділянці $F = 0 \dots 6,33$ кН відбувалося лінійно та досягло при $F = 6,33$ кН значення $\Delta l = 0,48$ мм. На ділянці $F = 6,33 \dots 9,33$ кН переміщення стінок зразків збільшилося нелінійно до значення $\Delta l = 0,48 \dots 2,18$ мм (через процес тріщиноутворення). В подальшому переміщення зразків знову набуло певної лінійної закономірності (рис. 7).

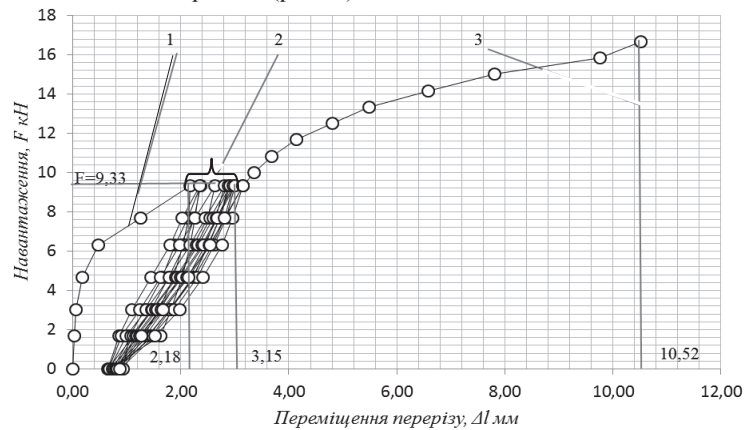


Рис. 7. Деформування зразків 2СФЗБп дії повторних навантажень:
1 – під час дії 1-го циклу; 2 – під час дії 2-го...10-го циклу; 3 – під час дії 11-го циклу

Експериментальне середнє руйнівнє навантаження для зразків 2СФЗБп становить $F_u = 16,67$ кН. Вигляд тріщин лотка 2СФЗБп подано на рис. 7.

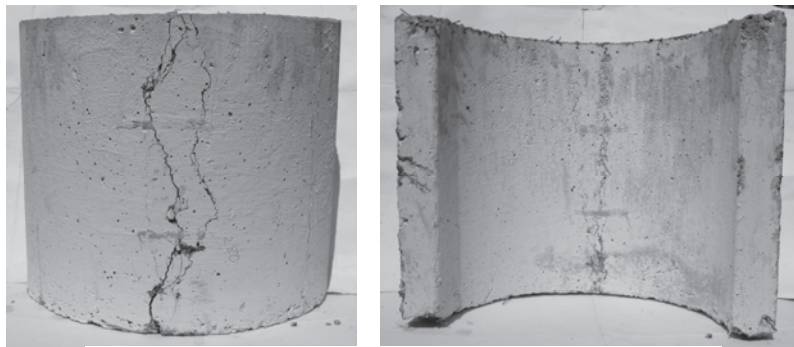


Рис. 7. Вигляд тріщин зразків 2СФЗБп: зона розтягу та стиску

Перші видимі тріщини в зразках 2СФЗБп-1...3 зафіксовані на 1-му циклі при $F = 6,33$ кН з $a_{\text{сгс}} = 0,03$ мм, а при завантаженні $F = 9,33$ кН ширина розкриття тріщин становила $a_{\text{сгс}} = 0,2$ мм. При розвантаженні зразків до $F = 0$ кН залишкова ширина розкриття тріщин становила $a_{\text{сгс}} = 0,1$ мм.

Висновки. Водовідвідні лотки з сталевібробетону при повторних навантаженнях мають значно вищу жорсткість і тріщиностійкість порівняно із аналогічними елементами зі звичайного залізобетону чи комбіновано-армованими елементами (СФЗБ).

При повторних навантаженнях в зразках із СФБ на протязі десятикратного завантаження деформування перерізів становили при максимальному завантаженні циклу $\Delta l = 0,47 \dots 0,98$ мм, в той час, як в типових залізобетонних елементах (ЗБп) ці величини були (від 1-го до 10-го циклу) більшими в кілька разів $\Delta l = 2,59 \dots 2,78$ мм відповідно та в СФЗБп $\Delta l = 2,18 \dots 3,15$ мм відповідно.

Тріщини в дослідних зразках ЗБп і 2СФЗБп виникли на 1-му циклі, а в зразках із СФБ лише на 11-му. Вони у всіх зразках були зафіксовані тільки в зоні з максимальним згинальним моментом. В типових ЗБ елементах тріщини були практично прямолінійними, з чіткими берегами, а в зразках із СФБ та СФЗБ тріщини були з нечіткими контурами та вираженою плетінчастістю.

1. Андрійчук О.В. Сталевібробетонні безнапірні труби / О.В. Андрійчук, С.М. Бабич // Монографія. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2012. – 150 с. 2. Бабич С.М. Проектування та виготовлення безнапірних труб із сталевібробетону / С.М. Бабич, О.В. Андрійчук // Рекомендації. – Луцьк: Луцький НТУ, 2012. – 32 с. 3. Бабич С.М. Застосування сталевібробетону в дорожньому будівництві / Бабич С.М., Андрійчук О.В., Ужegov С.О., Шаповал І.В. // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: збірник наукових праць. Випуск 4. – Луцьк, 2015. – С. 3 – 9. 4. Бабич С.М. Використання сталевібробетону для дорожньо-транспортних споруд / С.М. Бабич, О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк // Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник. – К., КНУБА, 2014. Випуск № 54. – С. 33– 41. 5. Андрійчук О.В. Виготовлення придорожніх лотків водовідводу зі сталевібробетону / О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк // Наукові нотатки: збірник наукових праць – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – Випуск 45. – С. 7 – 14. 6. Андрійчук О.В. Методика експериментального дослідження дисперсно-армованих придорожніх лотків водовідведення / О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк // Вісник Одеської національної академії будівництва та архітектури: збірник наукових праць. – Одеса: ОНАБА. 2015. Випуск 58. – С. 11 – 18. 7. Андрійчук О.В. Дослідження міцнісних характеристик сталевібробетонних лотків водовідведення / О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: науковий збірник Випуск 31 – Рівне, НУВГП, 2015. – С. 371-378.