

УДК 624.012.45

Азізов Т.Н., д.т.н., професор, Мельник О.В., старш. викл. (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ТА МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОРОБЧАСТОГО ПЕРЕРІЗУ З НОРМАЛЬНИМИ ТРІЩИНАМИ ПРИ КРУЧЕННІ

Показано, що жорсткість при крученні суттєво впливає на перерозподіл зусиль між окремими елементами систем, для яких характерною є просторова робота. Наведені основні результати міцності та деформативності експериментальних зразків коробчастого перерізу з нормальними тріщинами і без них за дії кручення.

Показано, что крутильная жесткость существенно влияет на перераспределение усилий между отдельными элементами систем, для которых характерна пространственная работа. Приведены основные результаты прочности и деформативности экспериментальных образцов коробчатого сечения с нормальными трещинами и без трещин при действии крутящих моментов.

It is rotined that inflexibility at twisting substantially influences on the redistribution of efforts between the separate elements of the systems which spatial work is characteristic for. The basic results of durability and deformations of experimental standards of box-type section are resulted with normal cracks and without cracks at twisting.

Ключові слова:

Міцність, жорсткість, кручення, нормальні тріщини.

Прочность, жесткость, кручение, нормальные трещины.

Strength, hardness, torsion, normal cracks.

Аналіз публікацій та постановка задачі. З опублікованих раніше праць [1-3, 5] відомо, що просторова робота суттєво впливає на напружено-деформований стан збірних залізобетонних конструкцій (мости, перекриття, плитно-ребристі системи), урахування якої веде до значної економії матеріалів, точності визначення зусиль, які виникають в елементах таких систем. Про вплив крутильної жорсткості елементів на перерозподіл зусиль у зазначених вище конструкціях свідчить ряд досліджень [3, 5].

В ребристих системах мостів та перекриттів головні балки можуть мати тавровий, двотавровий, коробчастий переріз. Ефект просторової роботи цих

систем в значній мірі залежить від крутильної жорсткості їх елементів, яка в свою чергу значно залежить від наявності тріщин.

Визначенню напружено-деформованого стану балок з нормальними тріщинами за дії згину присвячено багато теоретичних та експериментальних робіт, але дослідженню жорсткості та міцності при крученні - обмежена їх кількість [1, 2].

У роботі [3] запропонований практичний та зручний спосіб визначення жорсткості ребристих плит при крученні, позитивом якого є врахування фізичної нелінійності залізобетону як при згині, так і при крученні. Але теоретичного обґрунтування цього фактору немає.

Дослідженнями встановлений вплив нормальних тріщин як на жорсткість при згині так і на жорсткість при крученні елементів коробчастого перерізу. В наявній науковій літературі відсутня інформація щодо визначення жорсткості при крученні елементів зазначеного перерізу з нормальними тріщинами.

Тому **метою статті** є експериментальне дослідження характеристик жорсткості та міцності залізобетонних балок коробчастого перерізу з нормальними тріщинами.

Викладення основного матеріалу. Для дослідження були виготовлені форми для експериментальних зразків коробчастого перерізу (рис.1)

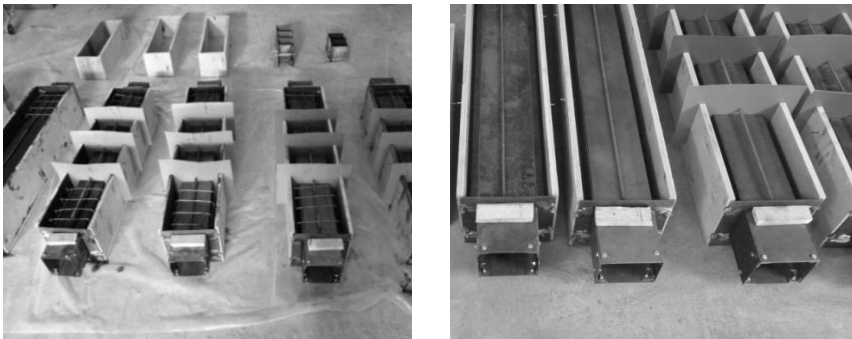


Рис. 1 Форми для зразків

Зовнішня частина опалубки виготовлена із фанери товщиною 15 мм. До торцевих частин виготовлених форм прикручувались металеві рамки, виготовлені із стрічкової сталі товщиною 5 мм, розмірами відповідно до розмірів поперечного перерізу експериментальних зразків. В середину металевих рамок монтувались розбірні конструкції із чотирьох кутників 25x25x1250мм та чотирьох металевих пластин товщиною 1,2 мм довжиною 1250 мм (ширина відповідно величини поперечного перерізу).

Експериментальні залізобетонні зразки мали однаковий зовнішній розмір 1000x200x200 мм, але різну величину внутрішнього отвору відповідно до розмірів поперечного перерізу (рис.2).

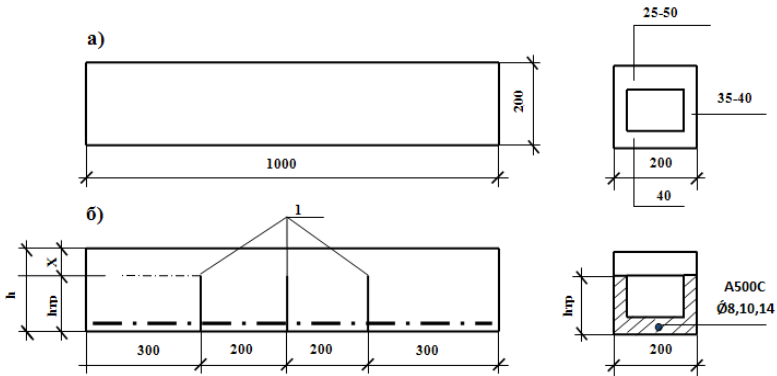


Рис.2 Експериментальний зразок
 а) розміри; б) схема розбивки зразка штучними нормальними тріщинами на окремі блоки та схема армування зразків;
 1- вставка із пластику

Усього було виготовлено 24 зразки шести типів (рис. 3), з одним поздовжнім стержнем з арматури періодичного профілю класу А500С діаметром 8,10 та 14 мм (див. рис.2). Варіанти виготовлених балок наведені у таблиці 1.



Рис. 3. Загальний вигляд експериментальних зразків

Модуль деформації бетону і призмova міцність (випробування дев'яти призм) становили відповідно 2549,8 МПа та 15,6 МПа. За даними випробування арматури (по три в кожній серії) межа текучості зразків

становила 599 МПа. Середня міцність бетону на стиск (при випробуванні кубів розміром 100x100x100 мм) становила 21 МПа.

Таблиця 1. Маркування експериментальних балок

Товщина бічної δ_6 та нижньої δ_n полки, мм	Наявність тріщини	Товщина верхньої полки δ_b , мм	Діаметр арматури, мм	Марка балки
$\delta_6 = 30$ $\delta_n = 40$	з тріщинами	25	8	Б-1-1
		25	10	Б-2-1
		25	14	Б-3-1
$\delta_6 = 30$ $\delta_n = 40$	з тріщинами	35	8	Б-1-2
		35	10	Б-2-2
		35	14	Б-3-2
$\delta_6 = 30$ $\delta_n = 40$	з тріщинами	50	8	Б-1-3
		50	10	Б-2-3
		50	14	Б-3-3
$\sigma_6 = 40$ $\sigma_n = 40$	з тріщинами	35	8	Б-1-4
		35	10	Б-2-4
		35	14	Б-3-4
$\delta_6 = 30$ $\delta_n = 40$	без тріщин	35	8	Б-1-5
		35	10	Б-2-5
		35	14	Б-3-5
$\delta_6 = 30$ $\delta_n = 40$	без тріщин	50	8	Б-1-6
		50	10	Б-2-6
		50	14	Б-3-6

Під час дослідження зразків з штучними нормальними тріщинами на предмет визначення їх жорсткості вимірювалися переміщення двох середніх блоків, відділених штучними тріщинами, відносно крайніх за допомогою індикаторів годинникового типу.

Результати досліджень. Під час роботи з зразками першої серії були набуті практичні навички та методика проведення експерименту. Тому при аналізі результати цих випробувань на враховувались.

На (рис.4-6) наведені залежності "крутний момент-переміщення" для окремих балок з різною величиною поперечного перерізу та різними діаметрами арматури.

Аналіз експериментальних кривих дозволяє зробити висновок, що деформування зразків до доволі високих рівнів навантаження відбувається практично пружно (за виключенням зразків з малим діаметром арматури). Непружні деформації виникають на етапах навантаження перед руйнуванням.

Руйнування зразків проходило з утворенням спіральної тріщини, яка починалась з кінця штучної нормальної тріщини (рис. 7).
Руйнуючі крутні моменти для різних зразків наведені на рис. 8.

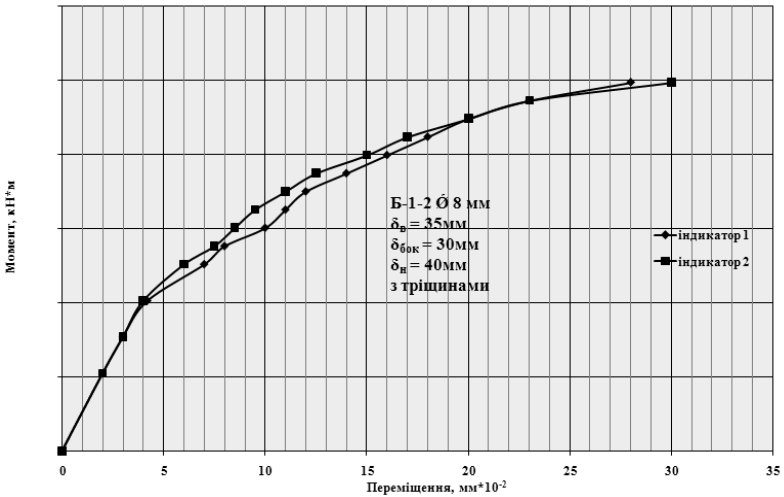


Рис. 4. Залежності "крутний момент-переміщення" для зразків з діаметром поздовжньої арматури 8 мм

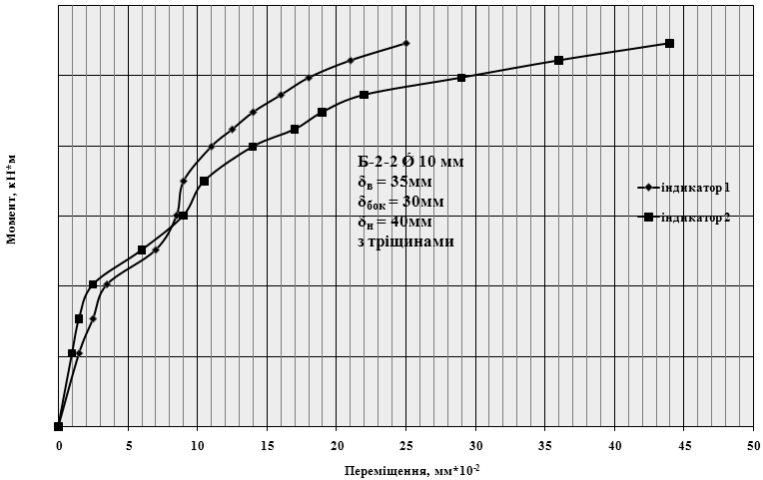


Рис. 5. Залежності "крутний момент-переміщення" для зразків з діаметром поздовжньої арматури 10 мм

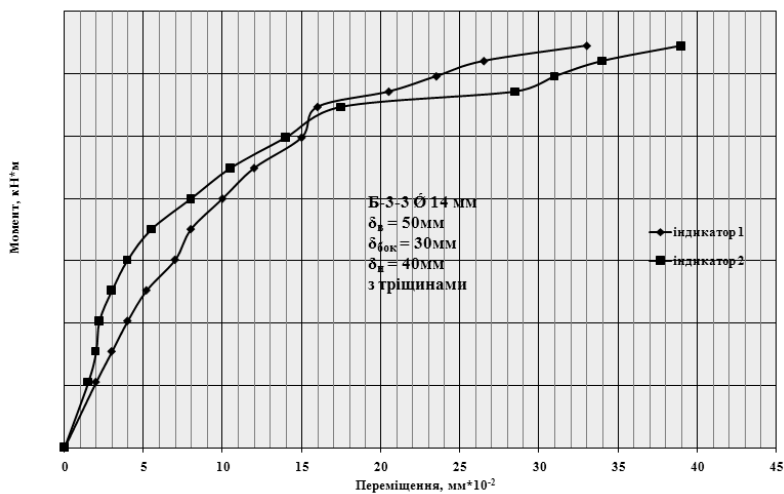


Рис. 6. Залежності "крутний момент-переміщення" для зразків з діаметром поздовжньої арматури 14 мм



Рис. 7 Загальний вигляд руйнування зразка

Руйнування зразків з нормальними тріщинами відбувалось при крутних моментах, значно менших ніж руйнуючі моменти зразків без тріщин. Цей

факт є дуже важливим, адже до теперішнього часу вважалося, що армування елементів тільки поздовжньою арматурою практично не впливає на міцність при крученні (див., наприклад, [4]). Це дійсно має місце для елементів без тріщин. Однак при роботі плитно-ребристих систем нормальні тріщини з'являються практично завжди. Існуючи ж методи не враховують зменшення міцності при крученні за наявності в елементах нормальних тріщин. Проведені експериментальні дослідження доказують суттєве зниження міцності при крученні елементів за наявності нормальних тріщин. Так, наприклад, зразок без тріщин з арматурою діаметром 10 мм (Б-2-5) зруйнувався при значенні крутячого моменту 2.47 кН·м. Зразок з аналогічним армуванням і геометричними розмірами (Б-2-2) зруйнувався при значенні моменту 1.09 кН·м. Як бачимо, різниця більш ніж в два рази.

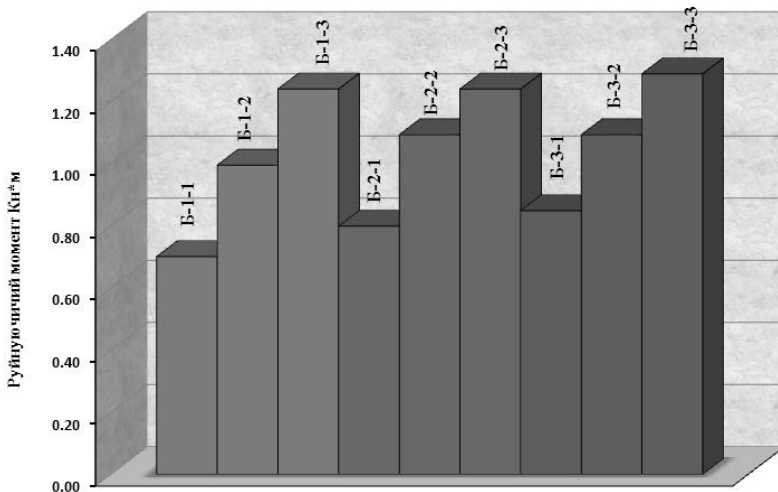


Рис. 8 Граничні крутні моменти для експериментальних зразків

З рис. 8 можна бачити, що із збільшенням площі поперечного перерізу верхньої полки та арматури міцність залізобетонного зразка за дії крутячого моменту зростає.

Характер руйнування всіх зразків був крихким. У зразках із тріщинами на деяких етапах завантажень розвиток і розкриття тріщини кручення в верхній зоні відбувалося протягом 0,5-1 хвилини, інколи зразок із утвореними тріщинами витримував декілька етапів навантажень. У зразках без тріщин характер руйнування був миттєвим.

У всіх випадках тріщина від прикладеного моменту кручення виникала на боковій стінці зразка з вершини штучно створеної нормальної тріщини і розвивалася у переважних випадках під кутом в 45° до ребра верхньої полки,

а потім стрімко поширювалася по верхній полці переходячи на протилежну бічну грань (див. рис. 7).

Висновки та перспективи досліджень.

1. Наявність нормальних тріщин суттєво знижує міцність залізобетонних елементів коробчастого перерізу за дії кручення.

2. Залізобетонні елементи коробчастого перерізу з нормальними тріщинами, які зазнають деформації кручення, мають графік залежності переміщення від крутячого моменту криволінійної форми. Пластичні деформації виникають на останніх етапах завантаження, які передують руйнуванню зразка. В зразках з малим діаметром арматури пластичні деформації виникають при меншому рівні навантаження ніж в зразках з більшим діаметром арматури.

3. Із збільшенням товщини верхньої полки і бокових стінок коробчастого поперечного перерізу та діаметра арматури деформування зразків з нормальними тріщинами, армованих тільки поздовжньою арматурою, наближається до пружного.

4. Основний вид руйнування – це руйнування верхньої полки від дії напружень розтягнення по похилих площадках. Ці напруження виникають в результаті дії крутячого моменту, якій сприймає безпосередньо верхня полка зразка.

5. Армвання експериментальних зразків з нормальними тріщинами тільки поздовжньою арматурою впливає на їх міцність при крученні, але при цьому зразки мають крихкий характер їх руйнування.

6. Збільшення діаметра арматури та товщини верхньої полки і бокових стінок поперечного перерізу зразків приводять до зменшення деформацій та збільшення міцності при крученні.

Перспективою досліджень є створення комп'ютерної програми для визначення переміщень в тріщині у вищезазначених залізобетонних елементах при різних варіантах величини поперечного перерізу, розроблення методик визначення їх міцності та жорсткості.

1. Азизов Т.Н. Определение крутильной жесткости железобетонных элементов прямоугольного сечения с нормальными трещинами./ Т.Н. Азизов, Н.Н. Срибняк// Ресурсоeкономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне –2008., С.8-18. – (Збірник наукових праць. Вип.16, частина 2). 2. Азизов Т.Н. Прочность железобетонных элементов с нормальными трещинами при кручении/ Т.Н. Азизов, Н.Н. Срибняк, Л.А. Циганенко// Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2007. – Вип.28. –С.9-18. 3. Карабанов Б.В. Нелинейный расчет сборно-монолитных железобетонных перекрытий // Бетон и железобетон. – 2001. - №6. - С. 14-18. 4. Коуэн Г.Дж. Кручение в обычном и предварительно нажатом железобетоне: Пер. с англ. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 104 с. 5. Улицкий Б.Е., Потапкин А.А, Руденко В.И., Сахарова

И.Д., Егорушкин Ю.М. Пространственные расчёты мостов. – М.: Транспорт, 1967. 404 с. **6.** Юдин В.К. Работа железобетонных балок прямоугольного сечения на кручение с изгибом. // Бетон и железобетон. – 1964. – № 1. – с. 30-35.