

Димань М.М., Карачун В.М., наук. кер. *Шидловський М.С.*, к.т.н, доц., *Заховайко О.П.*, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: vlad19960104@gmail.com

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В СИСТЕМАХ ОСТЕОСИНТЕЗУ МЕТОДОМ ФОТОЗЙОМКИ

В останні роки спостерігається підйом хірургічної активності в лікуванні переломів, тому визначення відповідних технічних засобів остеосинтезу є важливою науковою та соціальною задачею, яка стоїть перед спеціалістами медичного та інженерного профілю. Ці засоби мають забезпечувати надійну фіксацію уламків кісток, максимально унеможлиблюючи їх взаємне зміщення в процесі транспортування та лікування пацієнтів. На сьогодні існує багато типів систем остеосинтезу та проектуються нові їх схеми, і для оцінки їх придатності виникає необхідність у дослідженні характеристик жорсткості таких систем шляхом визначення зміщення уламків кісток в місцях переломів.

Відомий спосіб вимірювань зміщень уламків кісток за допомогою індикатора годинникового типу [1], який на сьогодні найчастіше використовується на практиці. Його недоліком є можливість вимірювань зміщень лише однієї точки в зоні перелому, або ж необхідність використання більшої кількості індикаторів в експерименті, що може бути проблематичним, наприклад в разі недостатніх розмірів зразка.

В лабораторії біомеханіки кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського був розроблений та впроваджений в практику метод вимірювання зміщень уламків кісток людини в експерименті, за яким за допомогою цифрового фотографування знаходять величини зміщень уламків кісток при різних типах їх фіксації [2]. При цьому пропонується вимірювати зміщення як за мітками, безпосередньо встановленими в контрольованих точках в зоні перелому, так і аналітично за положеннями точок поза зоною перелому.

Метою роботи є зіставити дані, отримані цими двома шляхами, та оцінити їх точність, порівнявши з отриманими шляхом безпосереднього вимірювання переміщень інструментальним методом, а саме з допомогою катетометра.

Коротко розкриємо суть цифрового фотографування. Вона полягає в тому, що на предметному столі випробувальної машини закріплюють досліджуваний зразок з попередньо встановленими на ньому реперними елементами (рис. 1). На одному рівні з реперними елементами розміщують калібровану плитку Іогансона з відомими розмірами. Перед кісткою встановлюють пристрій для фотозйомки паралельно до досліджуваного зразка таким чином, щоб всі реперні точки знаходилися у фокусі об'єктива і були центровані. Зразок фотографують і надалі це зображення використовують як контрольний недеформований зразок.

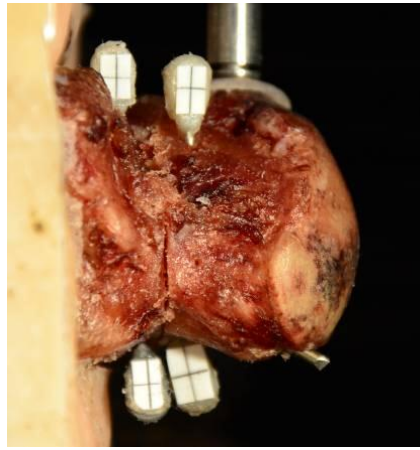


Рис. 1. Зразок з реперними елементами

Потім зразок фотографують в деформованому стані під дією навантаження. Вимірювання переміщень в пікселях проводять за допомогою програмного забезпечення для обробки цифрових зображень. Вимірну рамку наводять на середину реперних елементів, і отримують переміщення в пікселях (рис. 2).

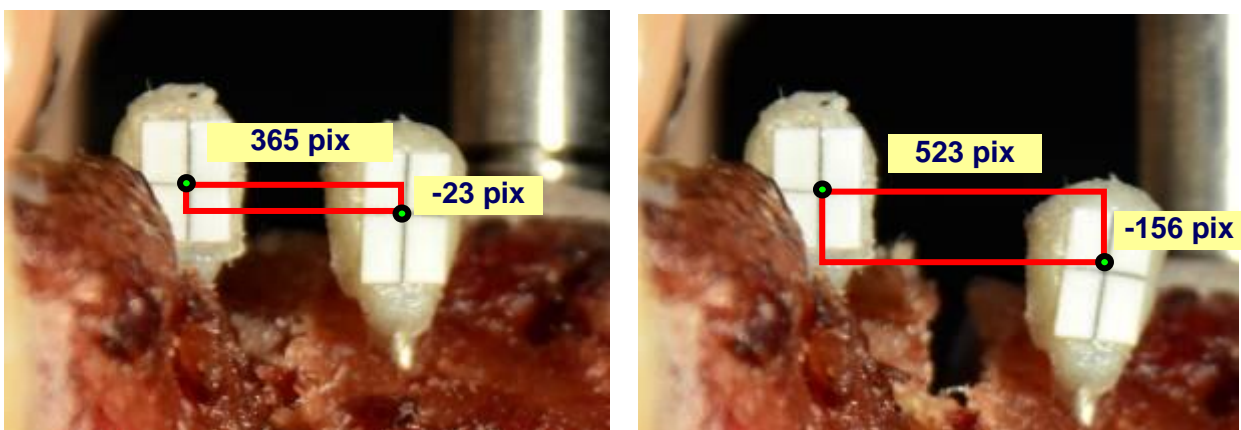


Рис. 2. Схема визначення взаємного положення реперних точок до і після навантаження за допомогою цифрового фотографування

Масштабний коефіцієнт отриманого зображення розраховується за формулою $\Delta = n/h$, (піксель/мм), де n – кількість пікселів, що відповідає висоті плитки Іогансона; h – висота плитки Іогансона в мм.

За цим способом точки, переміщення яких визначаються, позначаються мітками безпосередньо на зразку. Такий спосіб дозволяє визначати зміщення лише попередньо позначених мітками точок в зоні перелому. Крім того, кількість встановлених міток може обмежуватись розмірами зразка

Щоб забезпечити можливість визначати переміщення будь-яких точок в зоні перелому без необхідності попереднього встановлення міток на зразку, був запропонований спосіб що включає закріплення на робочому столі випробувальної машини дослідного зразка з попередньо позначеними за допомогою міток на кожному з уламків двома реперними точками, вибраними поза зоною перелому. Точки уламків в зоні перелому, величини відносних зміщень яких підлягають визначенню, обираються безпосередньо на отриманих зображеннях і які

утворюють з реперними точками на кожному з уламків жорсткі трикутники (рис. 3а).

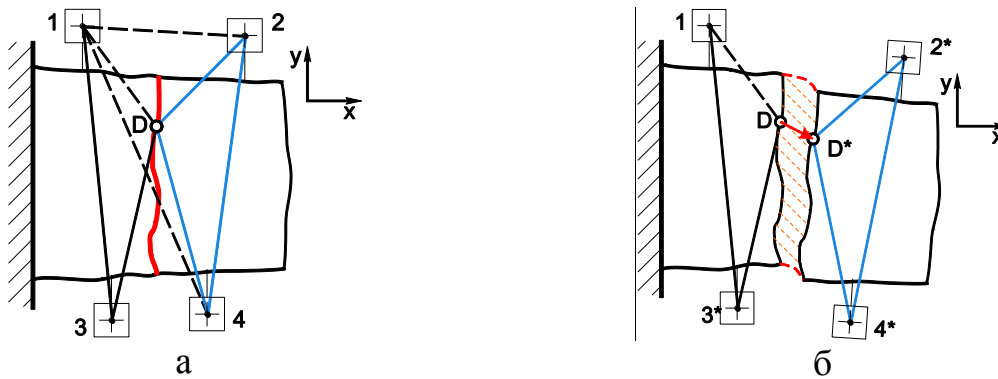


Рис. 3. Схема визначення взаємного зміщення точок в зоні перелому: а) зразок до навантаження, б) після навантаження

Навантажують зразок силою заданої величини, фіксують положення реперних точок до і після навантаження за допомогою пристрою для створення цифрових зображень у визначеному масштабі.

Визначаються координати X і Y міток 2, 3, 4 ($X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3; X_4, Y_4$) в системі координатних осей, початок яких суміщається з міткою 1 (рис.3а).

В зоні перелому вибирається довільна точка D та встановлюються її координати у вибрані системі осей X_D, Y_D . Ця точка утворює жорсткий трикутник з точками 2 і 4. Довжини сторін цього трикутника $2-D$ і $4-D$ знаходяться за відомими довжинами їх проекцій на осі X і Y :

$$L_{2-D} = \sqrt{(X_2 - X_D)^2 + (Y_2 - Y_D)^2}; L_{4-D} = \sqrt{(X_4 - X_D)^2 + (Y_4 - Y_D)^2}.$$

Після навантаження зразка силою P , яка прикладається до незакріпленого в фіксаторі уламка кістки, цей уламок зміщується відносно зафіксованої частини кістки (рис. 3б). Оскільки переміщення уламків кістки набагато більші від можливих їх деформацій при дії навантаження, то ці уламки, а значить і пов'язані з ними трикутники слід вважати абсолютно жорсткими.

Після прикладання навантаження зразок знову фотографується і встановлюються нові координати точок на вільному уламку 2^* і 4^* в системі координат, пов'язаній з точкою 1: $X_2^*, Y_2^*; X_4^*, Y_4^*$.

Координати точки D^* знаходяться як координати третьої вершини трикутника $2^*-4^*-D^*$ з умови, що довжини сторін трикутника при навантажуванні не змінюються:

$$\begin{cases} L_{2^*-D^*}^2 = L_{2-D}^2 = (X_2^* - X_{D^*})^2 + (Y_2^* - Y_{D^*})^2; \\ L_{4^*-D^*}^2 = L_{4-D}^2 = (X_4^* - X_{D^*})^2 + (Y_4^* - Y_{D^*})^2. \end{cases}$$

Розв'язком отриманої системи квадратних рівнянь відносно координат точки D^* будуть дві групи коренів: $(X_{D^*}, Y_{D^*})_1$ і $(X_{D^*}, Y_{D^*})_2$. Приймаються ті значення коренів, які не суперечать реальному положенню точки D^* відносно точок 2^* і 4^* . За отриманими даними і знаходять переміщення точки D .

Щоб оцінити точність запропонованих способів визначення переміщень, крім фотографування зразка, проводилось вимірювання зміщення точки в зоні

перелому за допомогою катетометра В-630 (рис. 4). Дослідженню підлягав натурний препарат у вигляді стегнової кістки з модельованим переломом у області діафізу, який був зафіксований стержневим апаратом зовнішньої фіксації. Зразок фотографувався у ненавантаженому стані та вимірювались вертикальні відстані між реперними елементами та відстані між 3-ма контрольними точками перелому. Далі об'єкт навантажувалася і знову вимірювалася.

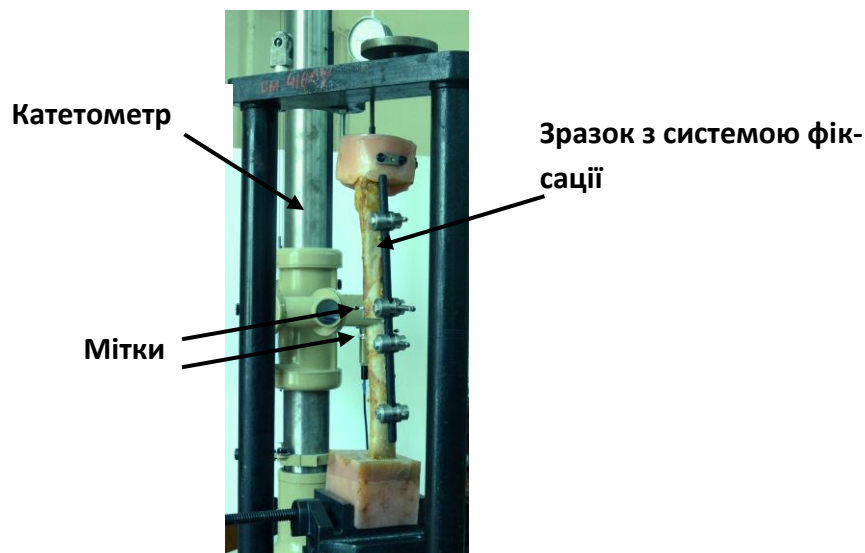


Рис. 4. Пристрій для навантаження зразка

За фотознімками визначались відстані між реперними елементами та контрольними точками, розраховувались зміни відстаней між ними. За показами катетометра також розраховувались ці відстані та їх зміни після навантаження. Після обробки отримані дані, одержані фотозйомкою, зіставлялись з результатами вимірювання катетометром.

Результат зіставлення показав придатність методу цифрового фотографування як при безпосередньому вимірюванні за мітками, встановленими в досліджуваних точках, так і аналітичним методом за положеннями реперних точок поза зоною перелому. Розходження з даними, отриманими за допомогою катетометра, знаходились в межах похибки вимірювальних приладів.

Список використаних джерел

1. Експериментальні дослідження засобів остеосинтезу. Кол. Авторів / За ред. Шидловського М.С., Лакши А.М. – К.: Ленвіт, 2017. – 277 с. : іл.
2. Пат. 68177 Україна, Спосіб вимірювання зміщень уламків кісток людини в експерименті [Текст] / винахідники Аксютін А.Г., Літун Ю.М., Радомський О.А., Шидловський М.С.; власники Шидловський М.С., Радомський О.А., Літун Ю.М., Аксютін А.Г. – № u 2012 00818; заявл. 26.01.2012 ; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. – 8 с.: іл.