

מרכז הגזירה (מרכז

הפיתול)

13/09/2012
Ben Gurion University
KSHARIM

הוראות בטיחות למעבדת מרכז גזירה

1. המעבדות הן שטח תפעולי המשופע במכלולים נעים, עצמים חמים וזרמי חשמל גבוהים.
2. מותר לסטודנטים לעבוד במעבדה רק כאשר נמצא במקום עובד מסגל המעבדה ו/או מדריך מוסמך אשר מודע לניסוי אותו הם מבצעים.
3. אין להכניס למעבדה מזון ושתייה. אין לאכול, לשתות או לעשן במעבדה. אסור להשתמש בטלפונים סלולריים בתוך המעבדה (המעבדה היא שיעור לכול דבר).
4. לבעלי שיער ארוך- חובה לאסוף את השער בכניסה לכל חדר מעבדה או ניסוי ולהכניסו מתחת לחולצה.
5. אין לעבוד עם שרוולים ארוכים ולא רכוסים ו/או בגדים רפויים.
6. סטודנט שלא יגיע עם נעליים סגורות- היינו נעלים סגורות באופן מלא גם מלפנים (אצבעות רגליים) וגם מאחור (קרוסול חשוף) לא יוכל לבצע המעבדה ולא יקבע לו שיבוץ מחדש. הערה- אין להגיע עם נעלי "CROCS" למעבדות.
7. בכל מקרה של ספק או חשש בהפעלה של מערכת הניסוי יש להתייעץ עם המדריך או איש הסגל האחראי. חל איסור חמור על הפעלת מערכות ניסוי ללא אישור טכנאי או מדריך ו/או במידה ויש ספק או חשש.
8. אין לכוון את קרן הלייזר על בני אדם. לפני הדלקת קרן הלייזר יש להקפיד כי אף סטודנט לא עומד בינה לבין הלוח.
9. יש להניח את המשקולות בזהירות ולהקפיד שלא יפלו מהשולחן או מהמעמד עליו הן מונחות.

1. מטרות הניסוי

- א. לימוד תופעת הפיתול בזמן כפיפת קורות בעלות חתך דק דופן, השפעתה ואופן ביטולה.
 ב. מציאת מרכז הגזירה של קורה בעלת חתך U.

2. רקע תיאורטי

בזמן כפיפת-קורה נוצרים מומנטי כפיפה וכוחות גזירה בחתך הקורה. מומנטי הכפיפה גורמים למאמצי מתיחה ולחיצה בניצב למישור החתך, ואילו כוחות-הגזירה גורמים למאמצי גזירה המקבילים למישור חתך. התפלגות מאמצי-הגזירה לאורך חתך הקורה נתונה במשוואה:

$$\tau = \frac{VQ}{It} \quad (1)$$

τ - מאמצי הגזירה בכל נקודה בחתך .

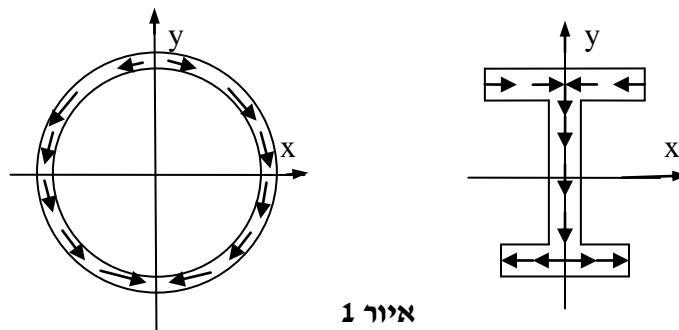
V - כוח הגזירה בחתך הנידון

I - מומנט אינרציה של החתך

Q - מומנט ראשון (מומנט סטטי) של חלק החתך הנדון.

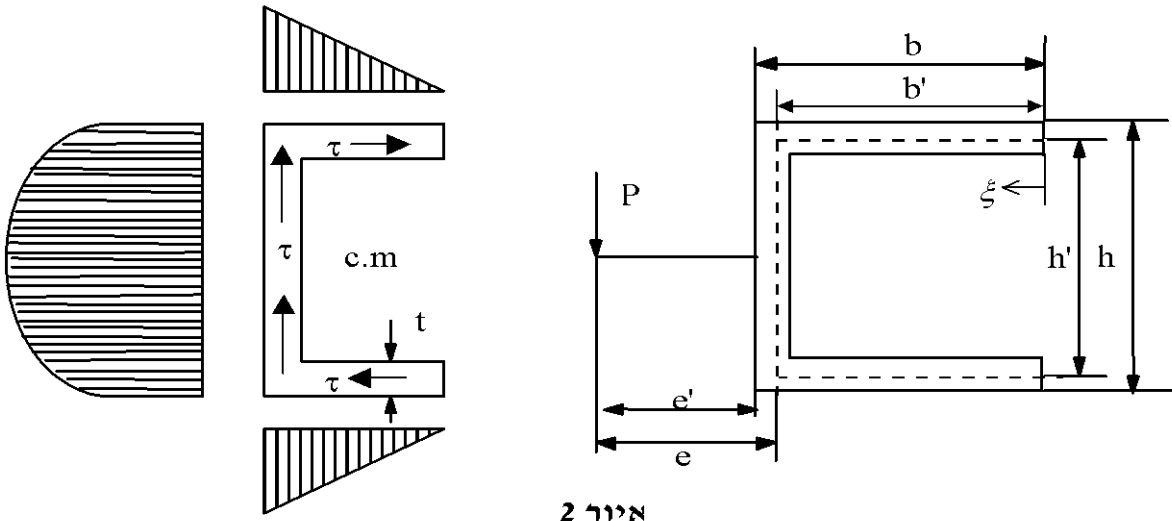
t - רוחב החתך במקום הנדון.

בחתכים בעלי דפנות דקות נוצרים מאמצי-גזירה על כל דפנות החתך כולל הדפנות האופקיות. בחתכים, הסימטריים כלפי ציר הכובד (ציר y) לאורכו פועל כוח הגזירה, מתאזנים מאמצי הגזירה בדפנות האופקיות ואינם גורמים להיווצרות של מומנטים בחתך (איור 1).



איור 1

לעומת זאת בחתכים שאינם סימטריים לגבי ציר-הכובד, יוצרים הכוחות השקולים של מאמצי-הגזירה מומנטי-פיתול, הגורמים להיווצרותם של מאמצי פיתול בחתך (איור 2).
 היות וחתכים פתוחים דקי דופן לא חזקים דיים לעמוד במאמצי פיתול יש למנוע את היווצרות מומנט-הפיתול. לשם כך יש להפעיל כוח חיצוני P בנקודה כזאת על ציר הסימטריה של החתך (ציר x), כך שיווצר מומנט חיצוני אשר יאזן את המומנט הפנימי הנוצר עקב כוחות הגזירה הלא-סימטריים. נקודה זו נקראת "מרכז הגזירה" או "מרכז הפיתול" ויכולה להיות גם מחוץ לשטח החתך של הקורה.



איור 2

על החתך U נוצרים מאמצי-גזירה כמתואר בציור. את הכוחות הנגרמים על ידי מאמצי הגזירה ניתן להחליף בכוחות השקולים F_1 , F_2 ו- F_3 כאשר בכל חלק של החתך מתקיים:

$$F = \int_A \tau dA \quad (2)$$

על הדפנות האופקיות פועלים מאמצי-גזירה לפי משוואה (1). הכוחות השקולים למאמצי-גזירה אלו, שווים בגודלם (עקב הסימטריה) והפוכים בכיוונם. נחשב את הכוחות השקולים לפי משוואה (2) כאשר המידות הגיאומטריות בחתכים דקי דופן מחושבות אל מרכזי הצלעות.

$$F_1 = F_3 = F = \int_A \tau dA = \int_0^{b'} \frac{V}{It} Q(\xi) \cdot t d\xi = \frac{V}{I} \int_0^{b'} \frac{h'}{2} \xi t d\xi = \frac{V h' b'^2 t}{4I} \quad (3)$$

כדי למצוא את מרכז הגזירה, נאפס את סכום המומנטים של הכוחות השונים יחסית למרכז הכובד של הדופן האנכית:

$$P \cdot e = F \cdot h' \quad (4)$$

נזכור כי מטעמי שיווי משקל $P = V$ לאורך הצלע האנכית. מהצבה של משוואה (3) למשוואה (4) נקבל:

$$e = \frac{(h' b')^2 t}{4I} = \frac{(h-t)^2 \left(b - \frac{t}{2}\right)^2 t}{4I} \quad (5)$$

3. ספרות

Popov: Introduction to Mechanics of Solids /1968 edition/ sections 7-5.,7-7.

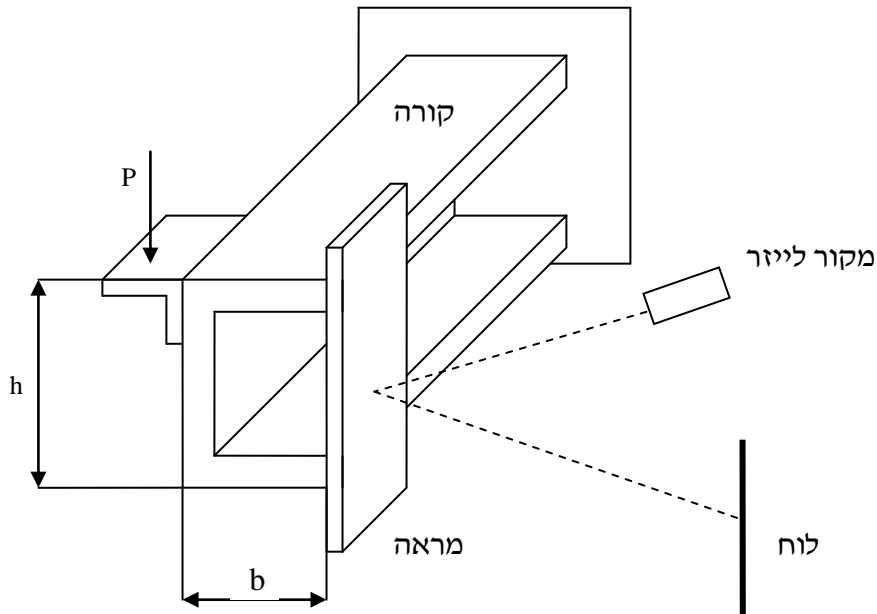
י. אלפרוביץ: תורת החוזק והאלסטיות-חלק א/מהדורה 4/ סעיפים 7.11,7.13

4. מערכת הניסוי

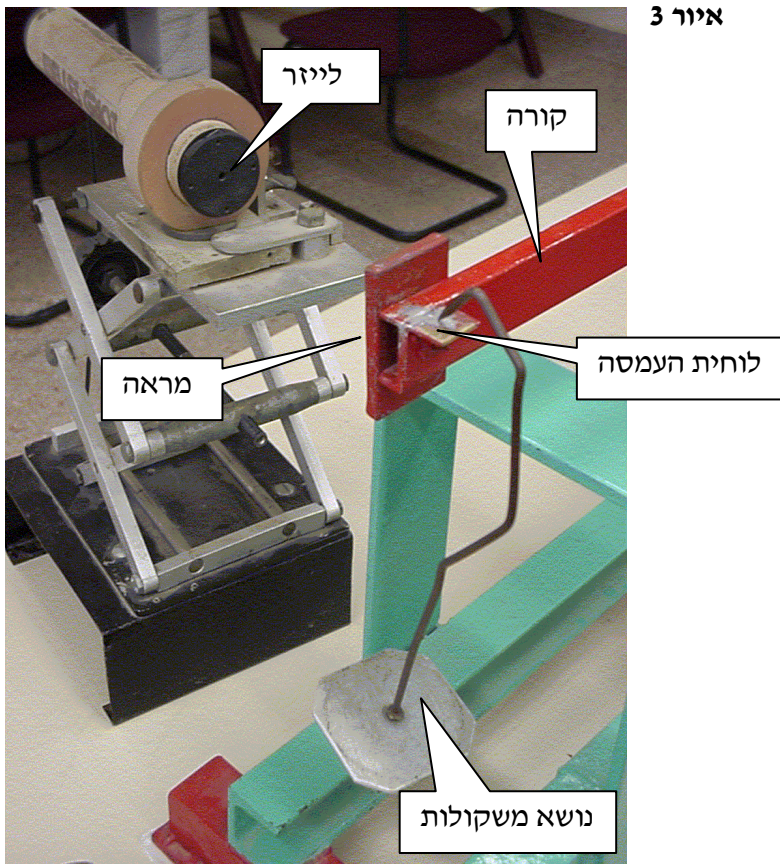
קורת אלומיניום בעלת חתך U רתומה בקצה אחד. בקצה השני מודבקת אליה מצד אחד מראה ובצד השני מחוברת לוחית הארכה. לוחית זו מאפשרת לנו להעמיס את הקורה בכפיפה תוך שימוש בנושא משקולות ומשקולות של 0.5 ק"ג ו 1 ק"ג. מקור לייזר מאיר על המראה המחזירה את האור ללוח בדיקה. אם נוצר פיתול בקורה נקבל הסטה של נקודת האור על לוח. עקרונות הפעולה של המערכת מובאים בתדריך של הניסוי - "פיתול מוטות".

$$E = 0.77 \cdot 10^6 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] : \text{אלומיניום}$$

ראה איור 3 וצילום המערכת



איור 3



5. שאלות הכנה

1. הסבר את תופעת הפיתול הנגרמת בקורה בשעת הפעלת כוח שקו-הפעלתו עובר דרך מרכז-חיתך לא סימטרי.
2. מהו מרכז-הגזירה ? הסבר את פיתוח הנוסחה למציאת מרכז-הגזירה של פרופיל U.
3. תאר את מהלך מאמצי הגזירה לאורך דפנות חיתך-הקורה.
4. עבור המערכת הבאה חשב את מיקום מרכז-הכובד של החתך.

$$h = 30.6 \pm 0.05 \text{ [mm]}$$

$$b = 12.7 \pm 0.05 \text{ [mm]}$$

$$t = 2.2 \pm 0.05 \text{ [mm]}$$

5. תאר את e (ראה הסימון באיור 2) כתלות בהעמסה ובגיאומטריה של החתך (ממדי החתך נתונים בשאלה 4).

במעבדה6. שאלות מקדימות:

- האם לדעתך תיהיה השפעה של גודל העומס על מיקום מרכז הגזירה ?
- במה תלוי מיקום מרכז הגזירה (כללי) ?

7. מהלך הניסוי

- הנח את נושא המשקולות על לוחית ההעמסה. הפעל את הלייזר זהה וסמן את הנקודה שלו על הלוח (שיטת מדידה זו מגיבה רק לפיתול של הקורה).
- הוסף משקולת על נושא המשקולות ובדוק אם קרן הלייזר סתתה ממקומה. שנה את מיקום נושא המשקולות כך שבעת הנחת המשקולת לא תיהיה תזוזה של נקודת הלייזר על הלוח (זהו מרכז הגזירה).
- הוסף משקולת נוספת ובדוק האם מרכז הגזירה מושפע משינוי בעומס.

8. סיכום ומסקנות

- השווה בין התוצאה הניסויית והתיאורטית.
- מהן התופעות אותן בדקת בניסוי :
- * הבט בפרמטרים השונים אותם בדקת.
- * הבט בחישובים השונים אותם ביצעת.
- מהן הסיבות האפשריות לשגיאות בניסוי פרט.

9. צורת הדו"ח:

- מטרות הניסוי.
- חישובים, דוגמאות חישוב, שגיאות יחסיות ודרישות ספציפיות לניסוי אם יש.
- סיכום מסקנות.