

## תקרה מקשית

יתרונות:

1. גמישות תכנונית - מאפשרת יצירת צורות מורכבות ומפתחים גדולים
2. יכולת לשלב מערכות (חשמל, מיזוג, אינסטלציה) בתוך התקרה
3. אפשרות לתכנן לעומסים גבוהים ולשימושים מגוונים

חסרונות:

1. מורכבות חישובים סטטיים ודינמיים
2. צורך בתכנון מדויק של הזיון והתבניות
3. אתגרים בתכנון לכפף ולסדקים לטווח ארוך

## תקרה מקשית מתוחה בכיוון אחד

דרך פתרון:

• בדיקה לקביעת תקרה מקשית מתוחה לכיוון אחד  $\frac{l_{max}}{l_{min}} > 2$

• גובה תקרה מקשית בכיוון אחד משוער  $H = \frac{l_{max}}{24}$

• משקל עצמי תקרה מקשית משוער  $g = 25 \frac{kn}{m^3} * h$

• עומס שירות או עומס אופייני  $F_{ser} = g_{עצמי} + \Delta g + qk$

• K11, k12, k13- מקדמי הכפף עפ"י טבלאות תקן

• בדיקת כפף לחישוב תקרה  $H_{דרוש} = \frac{l_{max}}{k_{11} * k_{12} * k_{13}}$

• בדיקת תקינות תקרה  $H_{דרוש} < H_{משוער}$

## תקרה מקשית מתוחה ב-2 כיוונים- תקרה מצולבת

דרך פתרון:

- חישוב יחס שדות  $\frac{l_{max}}{l_{min}}$ , עבור כל שדה בנפרד
- קביעת  $l_0$  עפ"י חלוקה לשדות ריבועיים ושדות מלבניים:

$\frac{l_{max}}{l_{min}}$ יחס	$l_0$ שנבחר עבור חישוב H משוער בחישוב הכפף
$1 < \frac{l_{max}}{l_{min}} < 1.15$	$l_0 = \frac{l_{ox,max} + l_{oy,max}}{2}$
$1.15 < \frac{l_{max}}{l_{min}} < 2$	$l_0 = \min \{ l_{ox,max}, l_{oy,max} \}$

- כאשר יש במבנה אחד מ-2 סוגי השדות יש לקבוע מהו ה- $l_0$  המסוכן ביותר בכל אחד מהסוגים ומביניהם ייבחר המקס' לחישוב הכפף!

$$H = \lambda \frac{l_{max}}{29}$$

$$\lambda = \sqrt[3]{\frac{l_{max}}{l_{min}}}$$

- גובה תקרה מקשית בשני כיוונים משוער

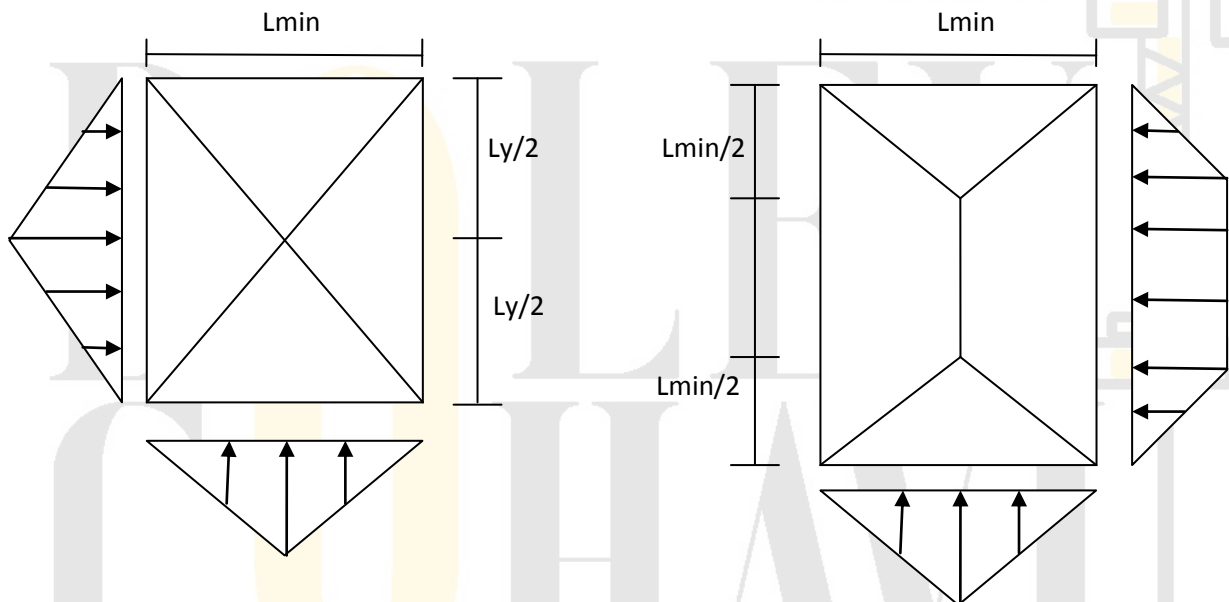
- תמירות השדה הנבחר

$$k_{11} = \frac{1.22}{\lambda}$$

- K11- מקדם לתמירות החתך

- K12, K13- מקדמי הכפף מטבלאות תקן

### העברת עומסים לקורות מתקרות מצולבות בשיטת קווי השבר



$$F = k * l_{min} * f_{ser} \text{ או משולש או טרפז}$$

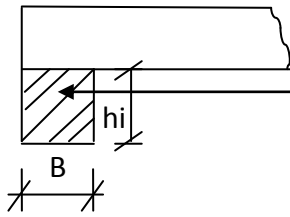
- K- מקדם המרת העומס משדה לקורה המתייחס לתנאי השפה בקצה השדה עפ"י טבלה בספר סטטיקה ע"מ 129 טבלה 3.2.
- F-ser- עומס שירות הפועל בתקרה ( $kn/m^2$ )
- לאחר חישוב העומס הטרפזי או משולשי יש צורך ע"י אינטרפולציה או טבלה מוכנה להוציא את מקדם ההכפלה של העומס למעבר לעומס מפורס אחיד.

### קורות יורדות

קורות יורדות כחלק ממערכת התקרה המקשית בכיוון אחד/מצולבת מחושבת בצורה הבאה:

$$h = \frac{l_{max}}{10}$$

- מגדירים גובה חתך ע"י המשוער
- מחשבים את משקל הגובה הנוסף מתחת לתקרה עבור הקורה (g עצמי)



שטח שיש לחשב כתוספת כעומס  
למשקל העצמי קורה  
 $f_{ser} = 25 * B * hi$  קנ'/מ

- מוסיפים את העומס העובר לקורה מהתקרה ע"י ריאקציות/שטחים/קווי שבר (Rser)
- מעבירים את סכום העומסים (מ. עצמי+ עומס מתקרה) ליחידות ק"נ/מ"ר עבור בדיקת הכפף לקורה.

• חישוב, K11, k12, k13- מקדמי הכפף עפ"י טבלאות תקן.

• חישוב H קורה דרוש ע"י בדיקת ה-H



## תקרת צלעות

### יתרונות-

- (1) מפתחים גדולים יחסית
- (2) מבודדת תרמי ואקוסטי ברמה גבוהה יחסית
- (3) משקל התקרה נמוך יחסית

### חסרונות-

- (1) הדיאפרגמות מעבירות את הכוחות האופקים לא בצורה אופטימאלית
- (2) קשה לביצוע
- (3) חתך התקרה גדול יחסית

### הגדרות תקן:

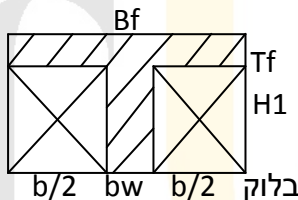
1. עובי טבלה עליונה  $t_f$  יהיה 5 או 6 ס"מ.
2. רוחב בצלעות  $b_w$  יהיה בין 9-15 ס"מ בקפיצות של 1 ס"מ.
3. מרווח בין צלעות יהיה לא גדול מ-75 ס"מ.
4. כל 2.5-3.0 מ' תהיה צלע מחלקת ברוחב צלע ראשית.

### דרך פתרון:

- חישוב  $H$  משוער תקרה שיקבע ע"י 2 אלמנטים הכלולים בתוך חתך התקרה: צלע, קורה סמויה.

$$H = \frac{l_{max}}{14} \text{ ק. סמויה}$$

$$H = \frac{l_{max}}{22} \text{ צלע}$$



- חישוב מ. עצמי לפי גובה משוער

$$G = \frac{25[(t_f * b_f) + (b_w * h_1)] + (\gamma \text{ בלוק} * h_1 * b * \text{בלוק})}{b_f}$$

$$K_{11} = \begin{cases} \frac{h}{t_f} \\ \frac{b_f}{b_w} \end{cases} \begin{matrix} \text{ערך סופי} \\ \text{מטבלאות להוציא} \end{matrix}$$

- חישוב מקדמי כפף

$K_{12}, K_{13}$  טבלאות רגילות זהות לאלו של תקרה מקשית

$$H_{דרוש} = \frac{l_{max}}{k_{11} * k_{12} * k_{13}}$$

- בדיקת כפף לחישוב תקרה

$$H_{דרוש} < H_{משוער}$$

- בדיקת תקינות תקרה

## חישוב רוחב קורות סמויות

הקורה הסמויה בגובה תקרת הצלעות ולא בולטת מחתך התקרה לכן היא סמויה לעין.

### דרך פתרון:

- חישוב  $F_{ser}$  בפועל (kn/m)
- $F_{ser}$  בפועל הוא העומס שנופל מהתקרה על הקורה עפ"י חישוב ריאקציות (סטטיקה) או שטחים (בשיטה קווית)

$$F_{ser} = F_{ser} \left( \frac{kn}{m^2} \right) * (l(m) * \%)$$

- חישוב  $F_{ser}$  מקס' (kn/m<sup>2</sup>)
- $F_{ser}$  מקס' הוא תסבולת מקס' בשירות שהקורה יכולה לשאת

$$K12 = \frac{l_{max}}{H * k11 * k12} \rightarrow F_{ser} = ..$$

להוציא ערך טבלה

- חישוב  $b$  דרוש לקורה הסמויה ע"י  $H$  נוסחא:

$$B \text{ דרוש} = \frac{F_{ser} \text{ בפועל}}{F_{ser} \text{ מקס}}$$

- בדיקת תקינות קורה

$$B \text{ מקס} = \frac{L_{מפתח}}{4} > B \text{ דרוש}$$

## גלריות

גלריות הוא מבנה שעפ"י רוב הוא מבנה קבוע הבנוי כמבנה מפלדה ולפעמים משמש כתוספת בנייה למבנה קיים.  
כאשר אנחנו נצטרך לתכנן גלריה כמבנה זמני זה יהיה בעיקר תכנון של טפסונות ששם רוב התכנון הוא מעץ וגם גודל המאמץ משתנה

### יתרונות-

1. מפתחים גדולים.
2. מהיר לביצוע.
3. ניתן לייצר אלמנטים בצורות שונות ואף לא שגרתיות בקלות יתרה על בטון.

### חסרונות-

1. חומר גלם יקר יחסית.
2. דורש תכנון מפורט יותר עם פרטים מסובכים לפעמים.
3. יש צורך בכיסוי המבנה לשם הליכה איטום ואסטטיקה.

### סדר העברת עומסים בגלריה:

רצפת פח או רצפת עץ

↓  
קורות משניות מסוג UPN או IPN

↓  
קורות ראשיות מסוג IPB או IPE

↓  
עמודי פלדה ריבועיים/עגולים מסוג RHS

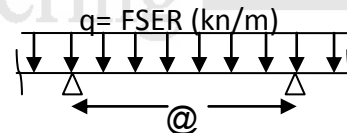
### דרך פתרון:

- במקרה שלא נתון אחרת נתייחס למשקל העצמי של הקונסטרוקציה כ-  $1 \text{ (kn/m}^2\text{)}$   
חישוב עובי פח-

B=1m

H=?

$$F_{ser} = F_{ser} \left( \frac{kn}{m^2} \right) * B$$



–FSER(KN/M<sup>2</sup>) עומס שירות כללי למבנה  
B- רוחב האלמנט

$$M_{max} = \frac{q * l^2}{10}$$

- חישוב מומנט מקס בקורה נמשכת
- חישוב מומנט התנגדות דרוש
- $\sigma$  - מאמץ מקס' מותר ,

$$W = \frac{MX}{\sigma}$$

• חי שוב H דרוש ע"י שינוי נוסחא של מומנט התנגדות עבור חתך פשוט(מלבן)

• גובה H המיני' לרצפת פח שנבחר הוא 20 מ"מ והגובה המיני' שנבחר לרצפת עץ הוא 2.54 ס"מ (1 צול).

חישוב קורות משניות-

$$F_{ser} = F_{ser} \left( \frac{kn}{m^2} \right) * 1.1 * @$$

• חישוב מומנט מקס' בקורה משנית עפ"י צורת הסכמה הסטטית של הקורה  
• חישוב מומנט התנגדות דרוש  
•  $\sigma$  - מאמץ מקס' מותר פלדה (140 מגפ"ס או 160 מגפ"ס),

$$W = \frac{MX}{\sigma}$$

• בחירת פרופיל מתאים מטבלאות פרופילים ספר סטיקה  
• בדיקת המאמץ המקס' אליו מגיע הפרופיל הנבחר ע"י נוסחא

$$\sigma = \frac{mx}{wx}$$

חישוב קורות ראשיות-

$$F_{ser} = \frac{R(kn)}{@(m)}$$

• חישוב מומנט מקס' בקורה ראשית עפ"י צורת הסכמה הסטטית של הקורה  
• חישוב מומנט התנגדות דרוש  
•  $\sigma$  - מאמץ מקס' מותר פלדה (140 מגפ"ס או 160 מגפ"ס),

$$W = \frac{MX}{\sigma}$$

• בחירת פרופיל מתאים מטבלאות פרופילים ספר סטיקה  
• בדיקת המאמץ המקס' אליו מגיע הפרופיל הנבחר ע"י נוסחא

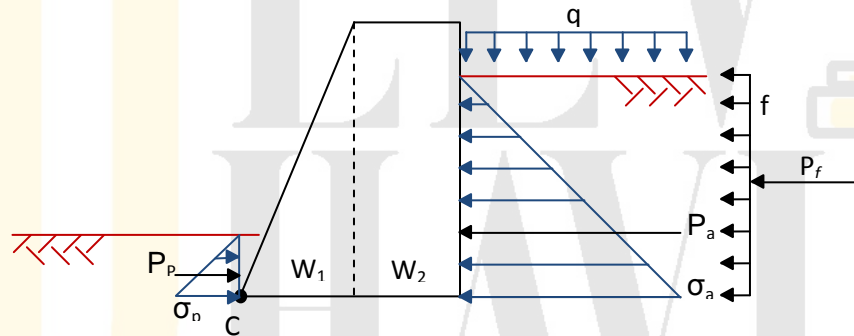
$$\sigma = \frac{mx}{wx}$$

## קירות תומכים

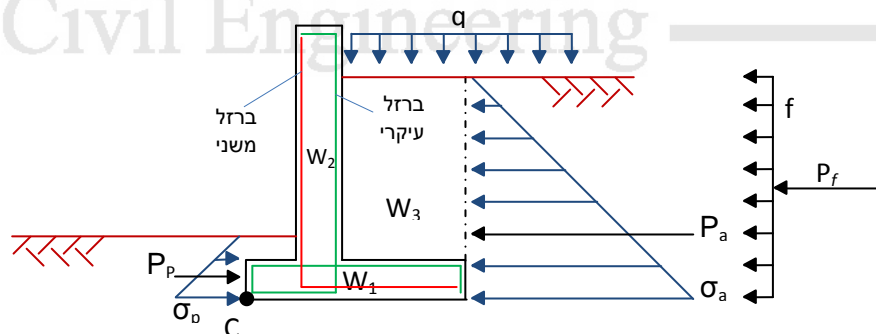
### מקרא:

$\sigma_a$ – מאמץ קרקע אקטיבי.	$\sigma_s$ – מאמץ קרקע פאסיבי.	$h_{leg}$ – גובה רגל הקיר.
$K_a$ – לחץ אקטיבי של הקרקע.	$K_P$ – לחץ פאסיבי של הקרקע.	$h_{wall}$ – קיר פחות הרגל.
$P_a$ – לחץ אקטיבי שקיל, קרקע.	$P_p$ – לחץ פאסיבי שקיל, קרקע.	
$H_a$ – גובה קרקע אקטיבית.	$H_p$ – גובה קרקע פאסיבית.	
$q$ – עומס חיצוני על הקרקע.	$\Phi$ – זווית חיכוך של הקרקע.	
$\Sigma c$ – משקל מרחבי מים.	$\Sigma c$ – משקל מרחבי בטון.	
$\Sigma$ – משקל מרחבי קרקע.	$\mu$ – מקדם חיכוך קרקע עם בטון.	
$T$ – כוח חיכוך.	$F_s$ – מקדם ביטחון.	

### קיר כובד



### קיר תומך מבטון מזויין





כוח פאסיבי	כוח אקטיבי
$k_p = \frac{1}{k_a} = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi}$	$k_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$
$\sigma_p = k_p * H_p * \gamma * 1_m$	$\sigma_a = k_a * H_a * \gamma * 1_m$
$p_p = \frac{\sigma_p * H_p}{2}$	$p_a = \frac{\sigma_a * H_a}{2}$

**בדיקת הקיר להחלקה:**

כאשר fs=1, הקיר נמצא במצב של שיווי משקל.

אם לא נתון מקדם ביטחון להחלקה, נדרוש מקדם ביטחון fs=1.5.

$$W_{total} = W_1 + W_2 + \dots + W_n \quad T = \mu * W_{total} \quad \text{or} \quad T = W_{total} * \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right)$$

$$f = q * k_a * 1_m$$

$$P_f = f * H_a$$

$$F_{sliding} = \frac{P_p + T}{P_a + P_f}$$

**בדיקת הקיר להיפוך:**

כאשר fs=1, הקיר נמצא במצב של שיווי משקל.

אם לא נתון מקדם ביטחון להיפוך, נדרוש מקדם ביטחון fs=2.5.

$$F_{overturning} = \frac{M_{מייצב}}{M_{היפוך}} = \frac{P_p * \frac{1}{3} * H_p + w_1 * x_1 + w_2 * x_2 + \dots + w_n * x_n}{P_a * \frac{1}{3} * H_a + f_2 * \frac{H_a}{2}}$$

**חישוב מומנט הכפיפה בקיר:**

$$M_o = P_a \left( \frac{H_a}{3} - h_{leg} \right) + f \left( \frac{H_a}{2} - h_{leg} \right)$$

$$M_d = 1.6 M_o$$

**חישוב ברזל כפיפה:**

$$A_s = \frac{M_d}{0.9 * d * f_{sd}}$$

$$A'_s = 0.2 A_{s_{act}}$$

**חישוב כוח גזירה בקיר בגובה h<sub>leg</sub> מעל תחתית הקיר:**

$$\sigma_{leg} = \frac{\sigma_a * h_{wall}}{H_a}$$

$$f_1 = q * k_a * h_{wall}$$

$$f_2 = \frac{\sigma_{leg} * h_{wall}}{2}$$

$$V = \Sigma Fx = f_1 + f_2$$

$$V_d = 1.6 V$$

**עמידות הקיר כנגד גזירה, נדרוש ש -  $V_d < V_{Rd1}$**

נבדוק את  $V_{Rd1}$  חוזק חתך הבטון לגזירה.

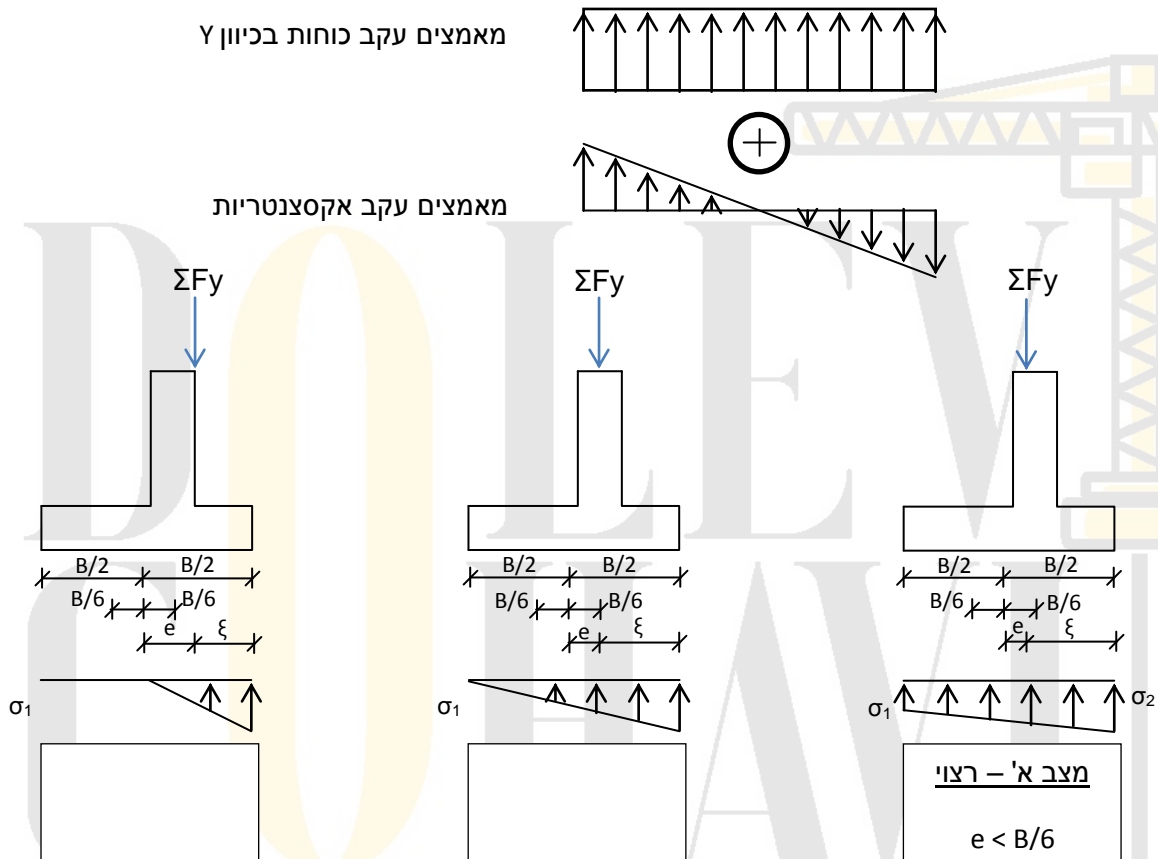
$$V_{Rd1t} = 0.9 * b_{cm} * d_{cm} * K_1 * K_2 f_{vd} \frac{t}{cm^2}$$

$$K_1 = 1.6 - d_m \geq 1$$

$$K_2 f_{vd} \left\{ \begin{array}{l} \text{סוג הבטון} \\ \rho = \frac{A_{sact_{cm^2}}}{b_{cm} * d_{cm}} \end{array} \right. \text{ע"פ טבלה 5.3}$$

**חישוב מאמצים בתחתית היסוד או הקיר:**

המאמצים בין היסוד לקרקע מתקבלים עקב הכוחות בכיוון Y והאקסצנטריות של הכוח השקיל (מומנט).



$$\Delta M_c = M_c^{steady} - M_c^{overturning}$$

$$M_c^{steady} = \sum W_i X_i = W_w X_w + W_b X_b + W_s X_s$$

$$M_c^{overturning} = \frac{P_a H_a}{3} + \frac{f_2 H_a}{2}$$

$$\xi = \frac{\Delta M_c}{\Sigma F_y}$$

$$e = \frac{B}{2} - \xi$$

$$\sigma_{1,2} = -\frac{\Sigma F_y}{B} \pm \frac{\Sigma F_y * 6 * e}{B^2}$$

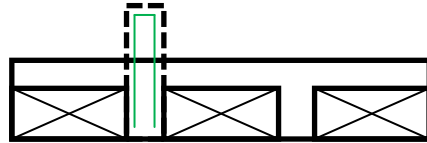
## תוספות ושינויים

כללים מקדימים:

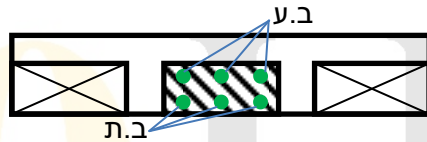
1. אין לפרק עמודים.
2. אין לפרק קורות.
3. ניתן לפתוח פתח בתקרה לאחר ביצוע תמיכות מתאימות.

### פתיחת חלל בתקרת צלעות:

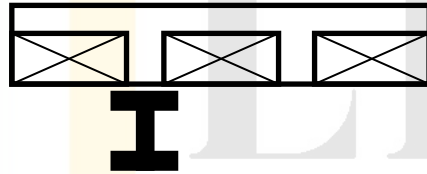
- א. הוספת קורה עליונה המחוברת היטב לצלע ומגדילה את הגובה הסטטי של הצלעות בתוספת זיון מצולע.



- ב. הוספת קורה סמויה ע"י מילוי החללים או החלפת בלוקים ביציקת בטון עם זיון מתאים



- ג. הוספת פרופיל פלדה ליצירת קורה המשכית (מסמך לסמך). הפתרון יכול להתקיים גם בניצב לתקרת הצלעות.

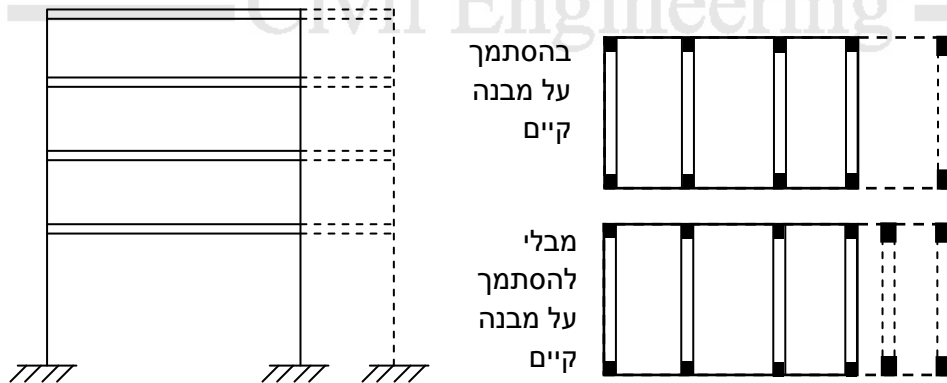


### תוספות במבנה קיים

- א. תוספת קטנה – תוספת קטנה יחסית לגודל המבנה, בהסתמך על המבנה הקיים.
- ב. תוספת רגילה – תוספת גדולה יחסית למבנה הקיים, מבלי להסתמך על המבנה הקיים.

הערות:

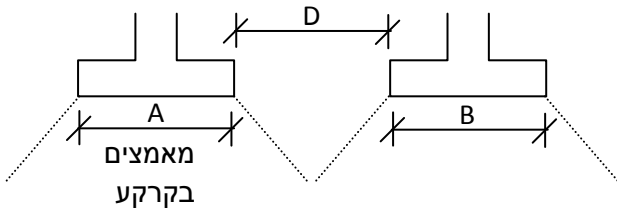
- יש לשאוף להתאים בין מפלסי הבניין הקיים לתוספת המבנה.
- למתכנן תהיה עדיפות לתכנן תוספת מבלי להסתמך על המבנה הקיים (אין צורך להסתמך ולבדוק תכנון קודם).



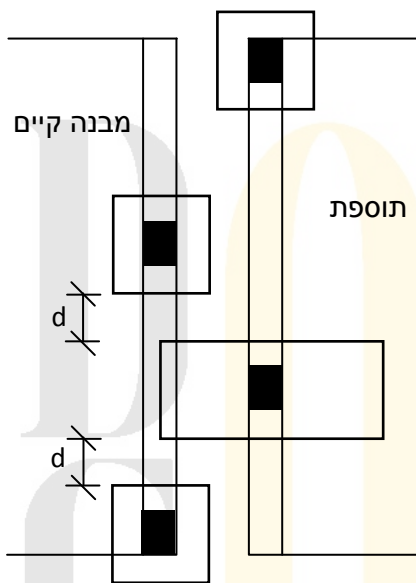
### יסודות ליד מבנה קיים

המרחק המיני' בין יסודות יהיה D רחב או אורך לפי הכיוון הנבדק.

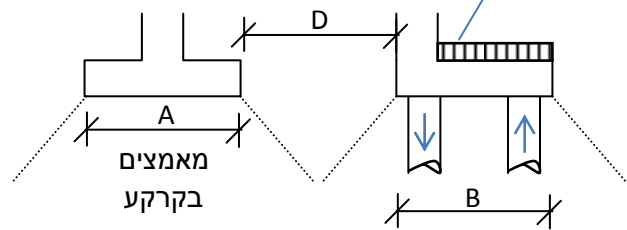
$$D = \frac{A+B}{2}$$



**אופציה א'**



תוספת עומס להקטנת המומנט שנוצר מהאסימטריה.



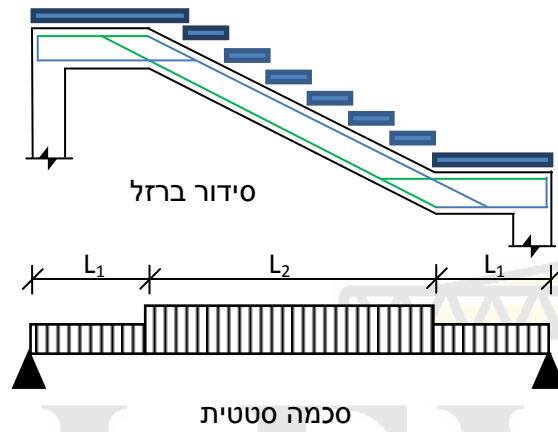
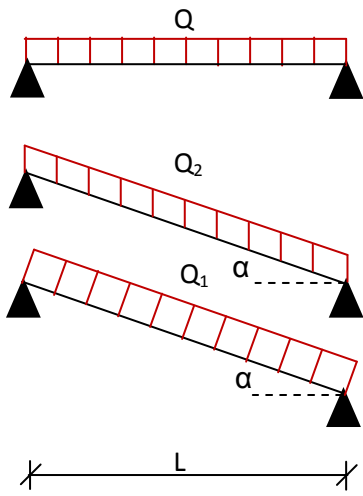
**אופציה ב'**

d - צריך להיות מספיק רחוק, כדי שבחפירה לא נערער את הקרקע של היסוד הקיים.

**אופציה ג'**

## עומסים משופעים - מדרגות

$$Q = \frac{Q_1}{\cos^2 \alpha} = \frac{Q_2}{\cos \alpha}$$

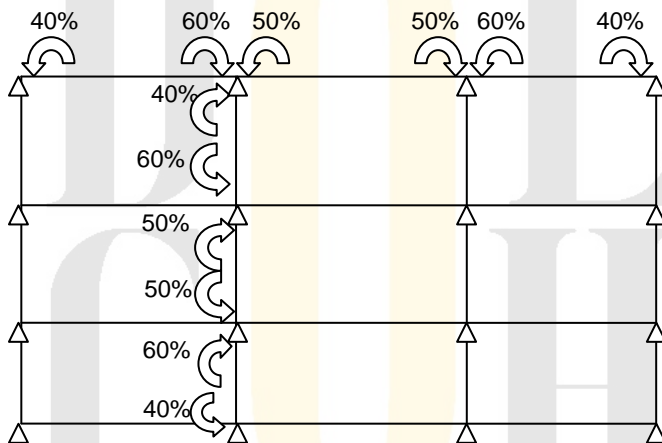


## חישוב עומס קבוע נוסף

$$\Delta g = \text{ריצוף} + \text{טיח} + \text{מחיצות} + \text{חול} +$$

- חול-  $1.6 (kn/m^2) * h_i (cm)$  ,  $h_i$  מתייחס לגובה מילוי החול עפ"י נתון או לפי תכנית.
- מחיצות- מחיצות זהו נתון קבוע אותו אנחנו לוקחים ללא חישוב וזה מתייחס למחיצות ברוחב 10 ס"מ מבלוק שחור ,  $1.5(kn/m^2)$
- טיח- עבור כל צד של קיר ניקח באופן קבוע ללא צורך בחישוב נוסף  $0.4 (kn/m^2)$
- ריצוף- ריצוף מסוג טרצו עם מילוי טיט בעובי של 2 ס"מ ניקח  $0.8 (kn/m^2)$
- ריצוף מסוג טרצו עם מילוי טיט בעובי של 3 ס"מ ניקח  $1 (kn/m^2)$
- ריצוף מסוג שיש ניקח  $0.27 (kn/m^2) * h_i (cm)$  ,  $h_i$  מתייחס לגובה האריח בס"מ
- כאשר דורשים לחשב עומס עבור מד"ה לשיפועים על גגות ניתן לקחת לפי עובי ממוצע של 8 ס"מ  $1.6(kn/m^2)$

## העברת עומסים לפי שטחים



$$R_{ser} = F_{ser} * L_x * L_y \text{ תקרה עומס לעמוד}$$

$$L_x = \% * l_x \text{ אורך השפעה בכיוון X}$$

$$L_y = \% * l_y \text{ אורך השפעה בכיוון y}$$

$$A = L_x * L_y \text{ שטח השפעה}$$

## חישוב משקל קירות בלוקים בהיקף המבנה

קירות בלוק בהיקף המבנה יושבים על קורות בלבד, אין קשר בין מחיצות פנים לקירות אלו

$$G = \gamma * b * h \text{ קיר בלוק}$$

$\gamma$  - משקל מרחבי בלוק עפ"י ספר סטטיקה עמוד 9

b - רוחב הבלוק עפ"י תכנית או נתון בתרגיל

h - גובה הקיר עפ"י תכנית או נתון בתרגיל

בעמוד 9 בספר סטטיקה יש טבלה בתחתית הדף של משקל קיר ללא טיח, עבור שימוש בטבלה זו יש רק להכפיל בגובה הקיר ולהמיר ליחידות הרצויות  $(kn/m^2)$  או  $(t/m^2)$ .

### חישוב עמודים-

תכן העמודים יהיה מחשוב לסכנה הגדולה המתרחשת באלמנטים אלו והיא סכנת הקריסה. מכיוון ואנו לא יודעים איך צורת הקריסה הסופית תיראה אלא יכולים רק לשער נתכנן אלמנטים אלו כחתכים ריבועיים או עגולים בהעדפה ראשונית אך תמיד ניתן לעבוד עם כל צורה כזו או אחרת.

### דרך פתרון:

- חישוב עומס בראש עמוד:

$$F_{ser} = F_{ser} \frac{kn}{m^2} * A(m^2)$$

1. שיטת השטחים

- 2. שיטת הריאקציות- ע"י סטטיקה פשוטה או טבלאות ספר.

- קביעת אורך פעיל עמוד:

תנאי שפה	אורך קריסה Le
פרקי - פרקי	L*1
פרקי - רתום	L*0.8
רתום - רתום	L*0.5
רתום - חופשי	L*2.2

$$\lambda = \frac{L \text{ קריסה}}{i}$$

- חישוב תמירות העמוד

L קריסה - אורך פעיל עמוד  
i - רדיוס אינרציה עמוד  
λ - מקדם תמירות עמוד

- מגדירים ש  $\lambda = 120$  כמספר קבוע לצורך הנחת פרופיל לחישוב העמוד ומחלים את ערך i מהנוסחה.
- בוחרים מטבלאות פרופילים חתך לעמוד מסוג ריבועי אם אין הגבלה לשימוש (חתך מינ' לעמוד (100X100X4).
- מחשבים מחדש את נוסחת התמירות עם ה-i שבחרנו מטבלאות ומוציאים ערך סופי ולא משוער ל-λ.
- ע"י שימוש נוסף בספר סטטיקה נבחר מעמ' 49-50 את מספר הקריסה המתאים לסוג החומר אותו אנחנו מתכננים (עץ או פלדה) ואת חוזק החומר של החתך שבחרנו לערך אותו אנחנו מחפשים קוראים - ω.

$$\sigma = \frac{F * \omega}{A}$$

- חישוב מאמץ בעמוד

בעמודי פלדה לא נעבור לעולם את המאמץ של 100 מגפ"ס אנחנו מחמירים על דרישות התקן מחשש לקריסה בלתי צפויה