GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2025 מועד ב'
סמל השאלון: 97153
שם התלמיד/ה: _____

תכנון הנדסי

הנדסת בניין · הנדסאים וטכנאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: יש לענות על 3 שאלות בלבד: שאלה אחת משאלות 1 ו־2; שתי שאלות משאלות 3, 4, 5, 6. ערך כל שאלה: 33 נקודות. נקודה אחת תינתן על התרשמות כללית. בסך הכול: 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון מדעי (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. קלסר אחד בלבד עם חומר הרצאות. אין להוציא דפים מהקלסר. 3. "סטטיקה, חוזק חומרים ובטון מזויין", טבלאות עזר למגמת בנייה ואדריכלות, בהוצאת המרכז לחינוך טכנולוגי חולון. 4. ת"י 413, ת"י 414, ת"י 412, ת"י 466 ות"י 1225. 5. סרגל מידה, סרגל קנ"מ ומשולש.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>: 1. יש להקפיד למלא מספר ת"ז ומספר מחברת בראש עמוד זה. 2. את כל התרשימים הנדרשים יש לערוך בקנ"מ מתאים. 3. רשמו את הנוסחאות שבהן אתם משתמשים כדי להסביר את דרך הפתרון. 4. יש להקפיד ולרשום ליד כל מספר את כינוי היחידה המתאימה. הוראות כלליות: 1. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה, ולוודא שהן מובנות. 2. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום המבחן יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות ייבדקו לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. לא ייבדקו תשובות עודפות. 3. יש לכתוב את התשובות במחברת הבחינה בעט כחול או שחור בלבד, בכתב יד ברור. 4. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. 5. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לכתוב את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר עליו קו כדי שלא ייבדק. 6. יש להציג פתרון מלא ומנומק, כולל חישובים לפי הצורך. הצגת תשובה סופית ללא שלבי הפתרון לא תזכה בניקוד. הנחיות לשימוש ביחידות ובתקנים: 1. מותר להשתמש באחת משתי שיטות היחידות, אך השימוש חייב להיות עקבי לאורך כל הבחינה. 2. יש לרשום בעמוד הראשון של הבחינה: "אני משתמש ביחידות החדשות" או "אני משתמש ביחידות הישנות". 3. אם נבחן משתמש לסירוגין בשתי שיטות של היחידות שהוזכרו לעיל בתוך אותה השאלה או בשאלות שונות - בחינתו תיפסל. 4. אם הנבחן לא ימלא אף אחת מההנחיות לעיל, ייחשב הדבר בעת בדיקת הבחינה כאילו השתמש ביחידות החדשות. | תיאור | יחידות ישנות | יחידות חדשות | |---|---|---| | מודל אלסטיות של הפלדה | 2,100,000 ק"ג/סמ"ר | 210,000 מגפ"ס | | כוח מרוכז | 1 טון | 10 ק"נ | | כוח מפורס ליחידת אורך | 1 טון/מ"א | 10 ק"נ/מ"א | | כוח מפורס ליחידת שטח | 1 טון/מ"ר | 10 ק"נ/מ"ר | | מומנט | 1 טון מ' | 10 ק"נ מ' |

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

1. בתרשים 1 מסורטט קטע מתוכנית, שבו 3 עמודים המחוברים בקורה ביניהם.

תנאי שפה - בתחתית העמודים יש ריתום מלא ליסוד. בראש העמודים בכיוון Y יש קורה בחתך 30/40.

יש לתכנן את עמוד מספר 2, שמועמס בכוח קבוע ובכוח שימושי, לפי האיור.

מידות העמוד: 40/60 ס"מ.

$d_s = d'_s = 5.0$ ס"מ - עבור העמוד והיסוד.

העמוד מוחזק בכיוון X ואינו מוחזק בכיוון Y .

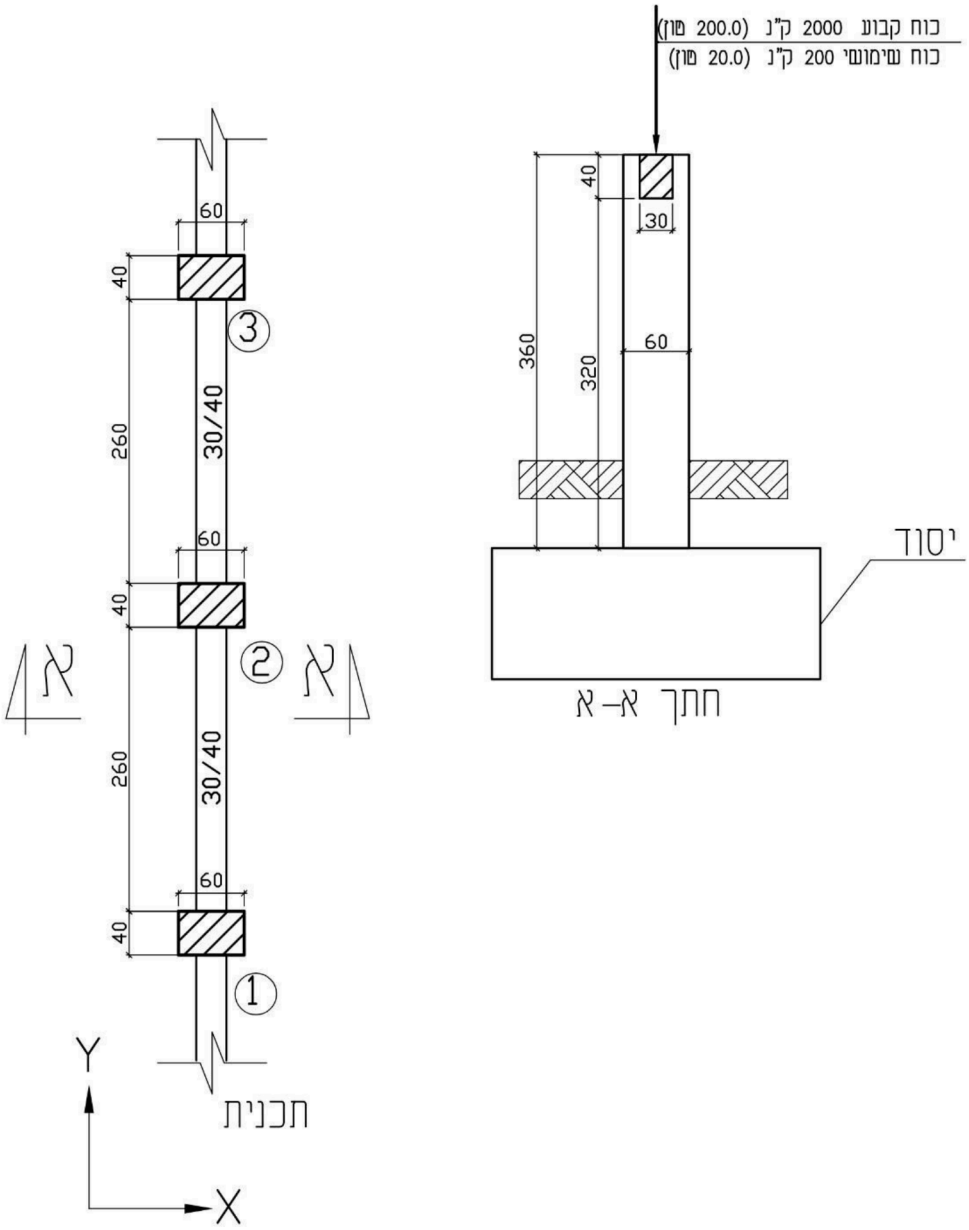
העמוד מתוכנן מבטון ב-30 (אגרגט גירי) והזיון מפלדה מצולעת (חוזק התכן: $f_{sd} = 435\ [\text{MPa}]$).

נתון עבור הכיוון Y : $A = 0.7,\ B = 1.31,\ C = 0.7$

חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי־ציון היחידות יוריד נקודות!

סעיפים א, ב עוסקים בתכן עמוד.

דרוש:



נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

א. חשבו את כוח התכן ואת ערך התמירות הגבולית, λ_{min} , בכיוון Y .

(4 נקודות)

ב. חשבו את האורך הפעיל של העמוד בכיוון Y .

(12 נקודות)

סעיפים ג, ד, ה, ו עוסקים בתכן היסוד (אין מעבר כלשהו של מומנטים מהעמוד ליסוד).

ג. נתון: מאמץ שירות מותר בקרקע $\sigma = 200\ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\ \left(20\ \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}\right)$

יש לקבוע מידות היסוד (יסוד בצורה ריבועית).

(2 נקודות)

נתון: מאמץ תכן בקרקע $\sigma_d = 290\ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\ \left(29\ \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}\right)$ עובי היסוד- $H = 60\,\text{cm}$

ד. חשבו וסרטטו את מהלכי כוחות הגזירה והמומנטים ביסוד בכיוון X (בציר העמוד).

(5 נקודות)

ה. חשבו את הזיון הדרוש לכיסוי המומנטים (אין צורך בחלוקה לרצועות).

(4 נקודות)

ו. חשבו את תסבולת היסוד לגזירה בכוון X ($V_{Rd,c}$)

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

2. בתרשים מספר 2 נתונה תקרה של מבנה בן 2 קומות, המשמש למסחר.

במהלך הפתרון אין צורך להתחשב במצבי העמסה מסוכנים ואין צורך להתחשב בהגבלת יחסי המפתחים.

העומס הקבוע על התקרה הטיפוסית בנוסף למשקלה העצמי:

$$\Delta g = 2\,\mathrm{KN/m^2}\ (200\,\mathrm{kg/m^2})\ .$$

העומס השימושי על התקרה הטיפוסית:

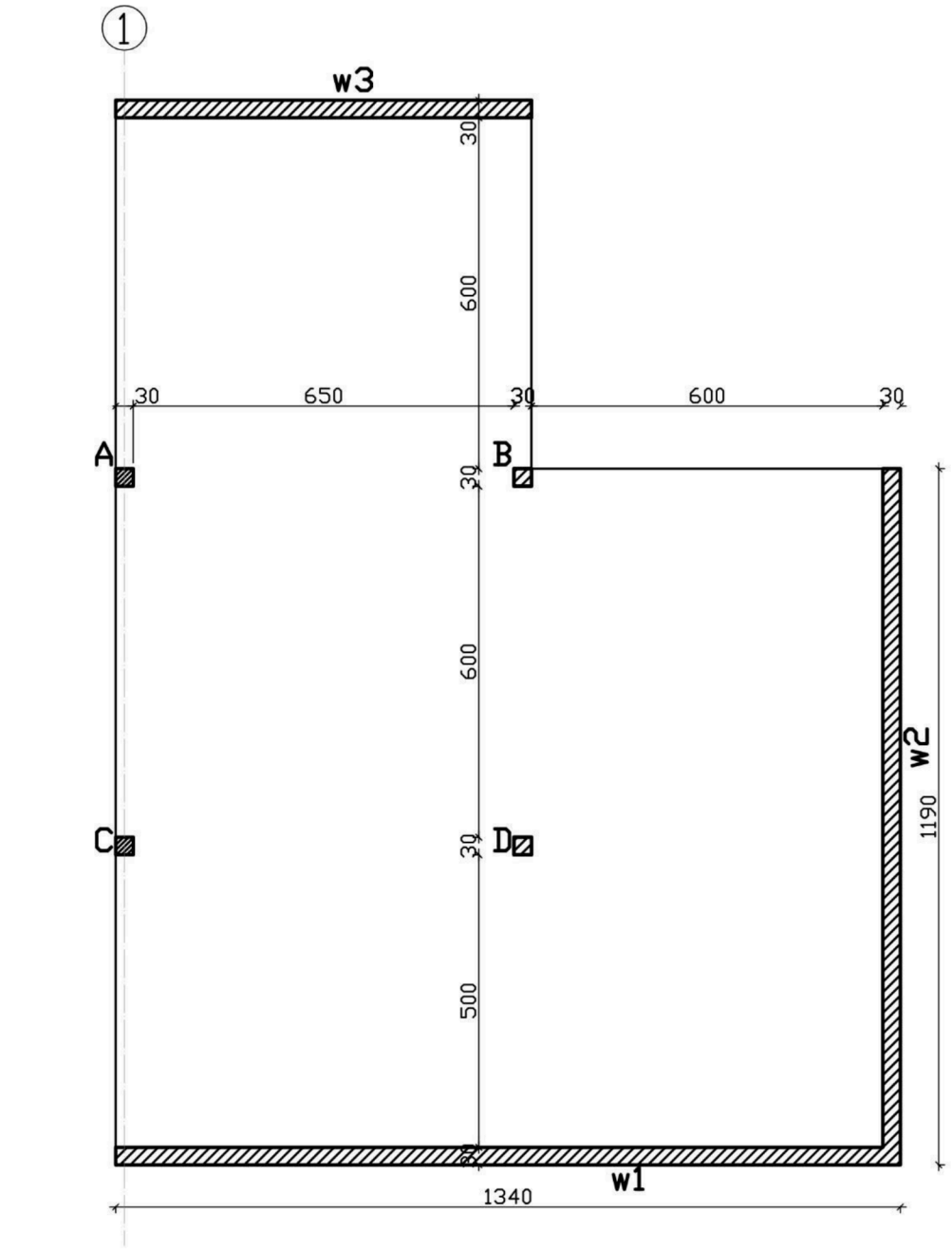
$$q = 5\,\mathrm{KN/m^2}\ (500\,\mathrm{kg/m^2})\ .$$

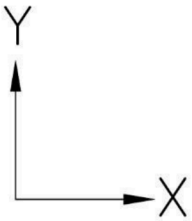
סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.

פלדה מצולעת: $435\,\mathrm{MPa}\ (4350\,\mathrm{kg/cm^2})$

עובי כיסוי הבטון עבור שני הכיוונים: 3 ס"מ.

דרוש: יש לתכנן תקרה מקשית ללא קורות:





א. **חלקו את התקרה לרצועות בשני הכיוונים, על גבי תרשים מספר 2.**
ציינו את המיקום, את הכינוי ואת המידות של הרצועות בכל כיוון.
(5 נקודות)

ב. **חשבו את עובי התקרה משקולי כפף לפי ת"י 466.**
(5 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ג. **חשבו וסרטטו את מהלך המומנטים לאורך רצועת עמוד על ציר 1.**

(10 נקודות)

ד. **חשבו את הזיון הדרוש מקוטר 16 מ"מ עבור הרצועה שחישבתם בסעיף ג'.**

(5 נקודות)

ה. **חשבו את הריאקציה המתקבלת עבור עמוד C.**

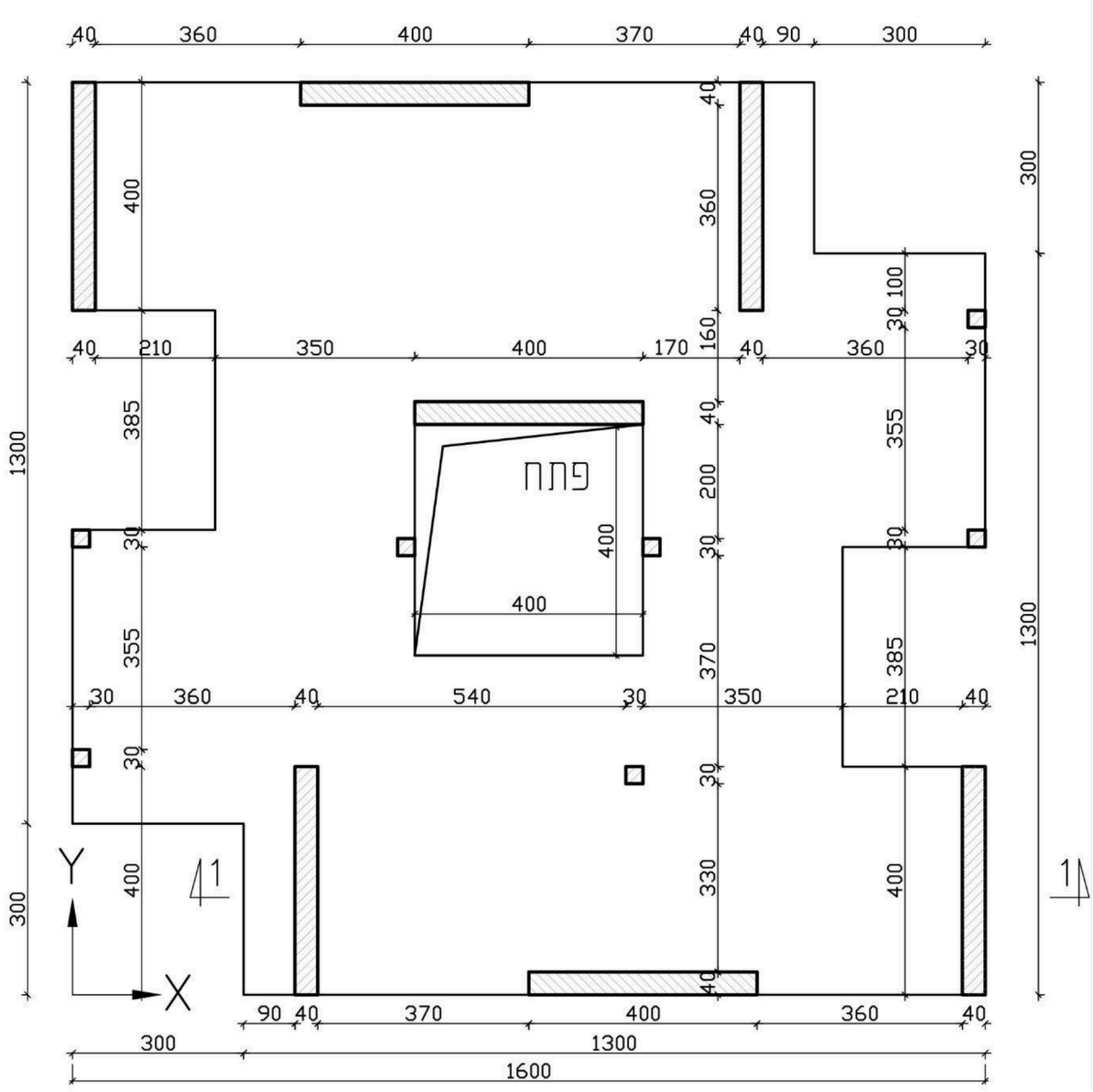
(2 נקודות)

נתון שעמוד C במידות 30/30

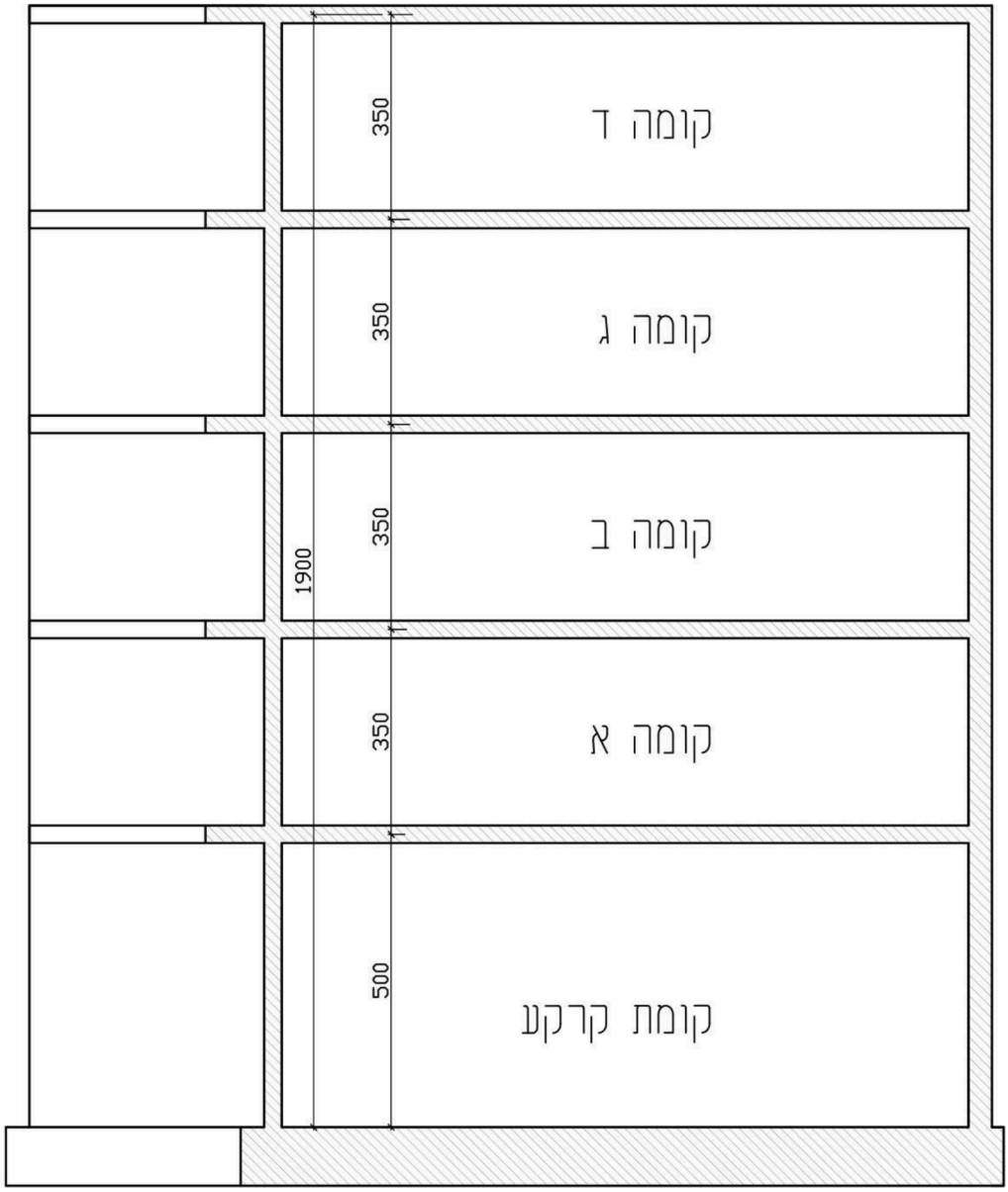
ו. **בדקו אם קיימת בעיית חדירה סביב עמוד C (אין צורך לחשב זיון חדירה).**
אם אכן קיימת בעיה, הציעו פתרון ללא חישוב (יש להניח מנת זיון $\rho = 0.012$).

(6 נקודות)

3. בתרשים 3 מוצגת תוכנית של תקרת קומות קרקע, א', ב', ג', ד'. בתרשים 3א מוצג חתך של מבנה.
בתרשים 3ב מוצגת תוכנית של מידות צירויות בין העמודים למערכת הצירים עבור חישוב סעיף ח'.
המבנה הוא מבנה משרדים בן 5 קומות ללא אפשרות עלייה לגג, המבוסס על גבי רפסודה. בתוכנית מופיע סימון של קירות הקשחה.
במהלך הפתרון אפשר להניח שקשיחות התקרות במישורן היא אין־סופית.
מידות קירות ההקשחה - לפי הרשום בתרשים.
העומס הקבוע על כל תקרה במבנה (כולל משקל עצמי של התקרה):
$g = 18\,\mathrm{kN/m^2}\ (1800\,\mathrm{kg/m^2})$.
העומס השימושי הוא בהתאם לת"י 412.
המבנה נמצא באזור פתח תקווה. $Z = 0.06,\ S_1 = 0.04,\ S_S = 0.15$.
הקרקע במקום היא מטיפוס D.
המבנה מתוכנן לרמת משיכות נמוכה.
יש צורך לבדוק מגבלות מבנה סדיר לפי הנחיות הסעיפים.

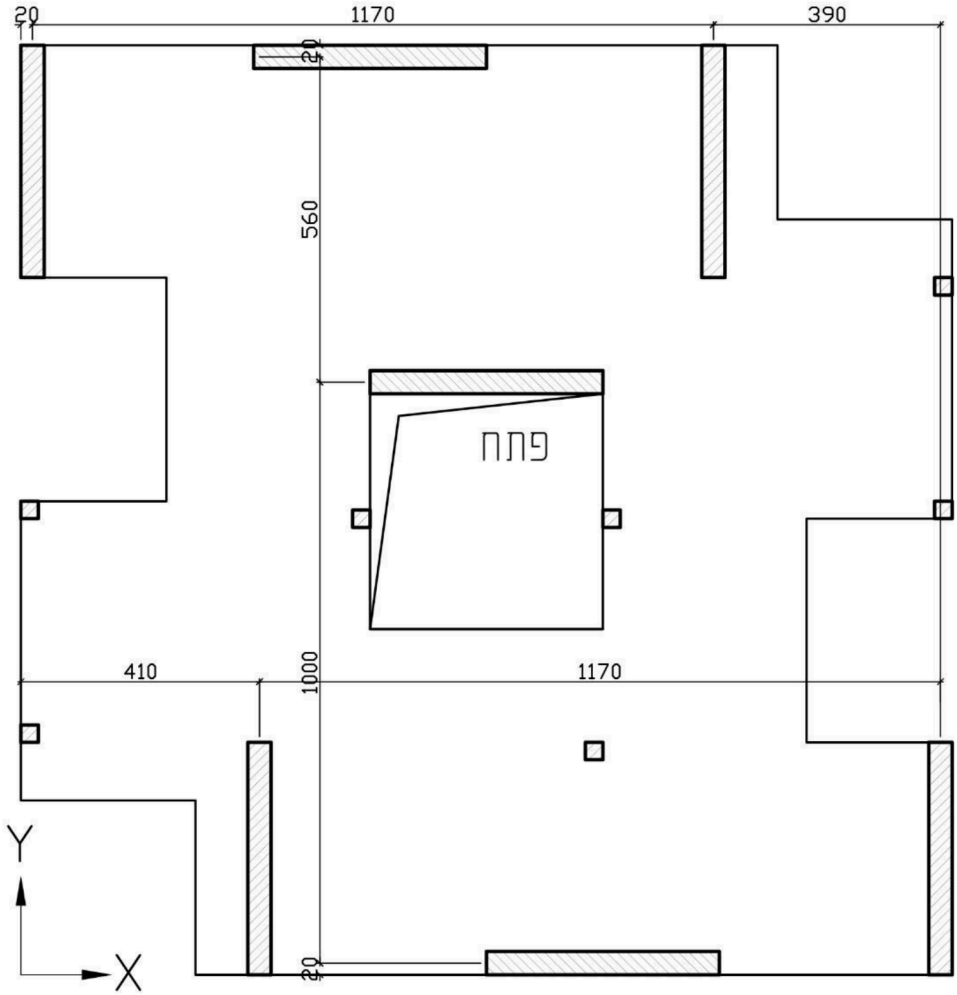


נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il



חתך 1–1

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il



א. קבעו האם המבנה סדיר במתווה האופקי (יש לבדוק מגרעות לפי סעיף 203.1 ת"י 413 גת 5).

(4 נקודות)

עבור סעיפים ב-ח אין צורך להתחשב במגבלות מבנה לא סדיר.

ב. קבעו את מקדמי השכיחות לעומס שימושי.

(2 נקודות)

ג. קבעו את מקדם החשיבות של המבנה.

(2 נקודות)

ד. חשבו את התקופה הבסיסית של המבנה.

(2 נקודות)

ה. חשבו את מקדם תאוצת התכן הספקטרית S_a .

(5 נקודות)

ו. חשבו את מקדם התכן הסייסמי C_d .

(2 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ז. חשבו את מרכז הכובד, בהתחשב במערכת הצירים X,Y שמופיעה בתרשים 3, ומקמו אותו על התרשים.

(אין להתחשב במשקל הקירות והעמודים).

(4 נקודות)

ח. חשבו את מרכז הקשיחות, בהתחשב במערכת הצירים X,Y שמופיעה בתרשים 3ב, ומקמו אותו על התרשים.

(6 נקודות)

עבור סעיפים: ט' י' נתון: $C_d = 0.14$.

ט. חשבו את שטח התקרה הטיפוסית של המבנה (יש להפחית את הפתח).

(1 נקודות)

י. חשבו את הכוחות האופקיים הפועלים על כל קומה (עבור כיוון Y בלבד).

(5 נקודות)

4. נתון קיר כובד תומך קרקע, המוצג בתרשים מספר 4.

מילוי סוג א:

- המשקל המרחבי של הקרקע: $\gamma_1 = 2.0\,\mathrm{t/m^3}\ (20\,\mathrm{kN/m^3})$.
- זווית השפיכה של הקרקע: $\varphi(1) = 34^\circ$.

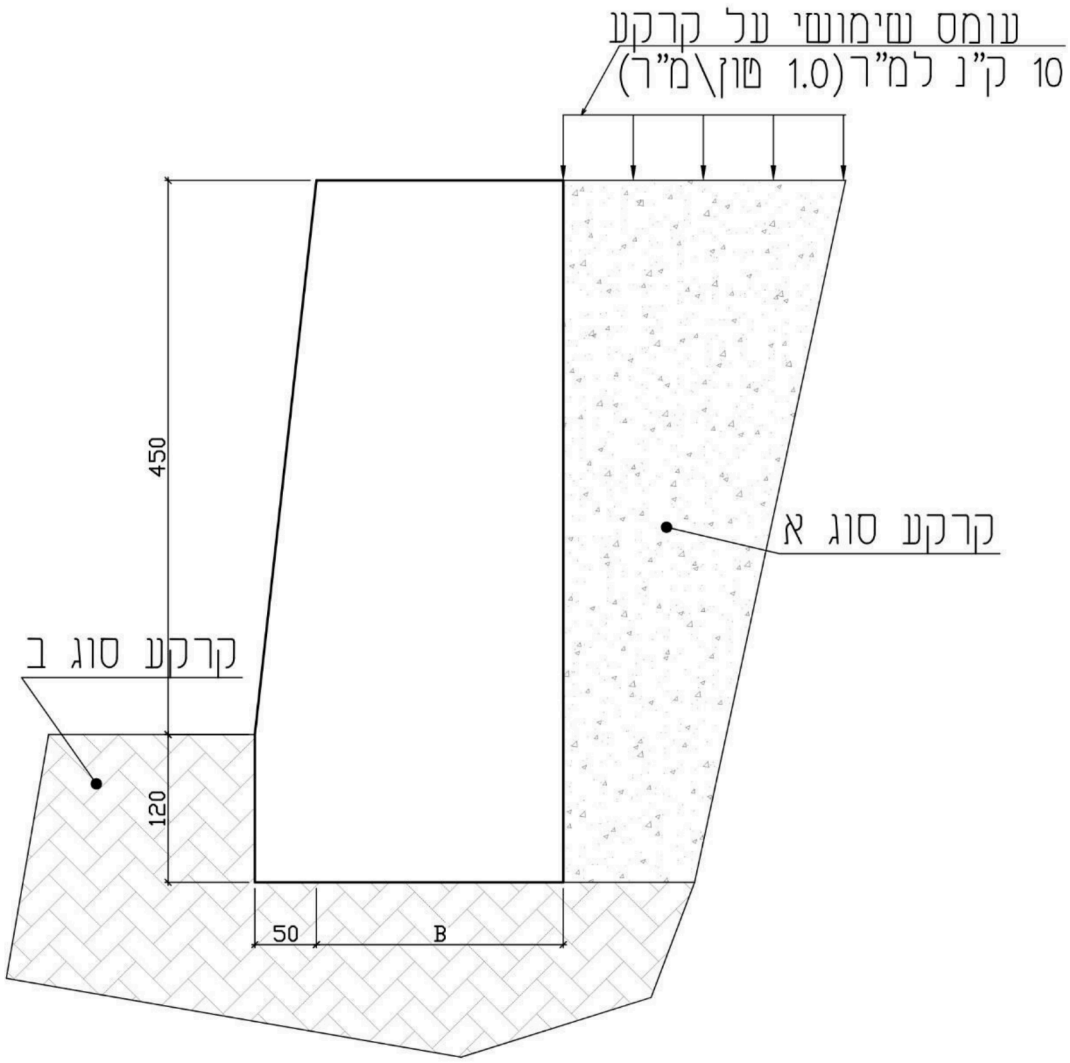
מילוי סוג ב:

- המשקל המרחבי של הקרקע: $\gamma_2 = 2.2\,\mathrm{t/m^3}\ (22\,\mathrm{kN/m^3})$.
- זווית השפיכה של הקרקע: $\varphi(2) = 40^\circ$.

נתון:

- מקדם החיכוך בין יסוד הקיר ובין הקרקע: $\mu = 0.45$.
- המשקל המרחבי של בטון הקיר: $\gamma = 25\,\mathrm{kN/m^3}\ (2500\,\mathrm{kg/m^3})$.
- על הקרקע, צמוד לראש הקיר, קיים עומס שימושי של $10\,\mathrm{kN/m^2}\ (1000\,\mathrm{kg/m^2})$ (אין להתחשב בו כתורם ליציבות הקיר).

סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.



א. חשבו וסרטטו במחברת הבחינה את פילוג המאמצים האופקיים האקטיביים והפאסיביים.

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ב. חשבו וסרטטו במחברת הבחינה את הכוחות האופקיים השקולים הפועלים על הקיר.

(3 נקודות)

ג. חשבו את רוחב B הדרוש לכך שמקדם הביטחון להחלקה יתקיים (אין להתחשב בכוחות הפאסיביים).

(6 נקודות)

עבור סעיפים ד-ו נתון: הערך $B = 2.9$ מטר

ד. חשבו את מקדם הביטחון להיפוך (אין להתחשב בכוחות הפאסיביים).

(6 נקודות)

ה. האם הקיר עומד בתנאי מקדמי הביטחון? אם הוא אינו עומד בתנאים אלה, הציעו פתרון.

(2 נקודות)

ו. חשבו ושרטטו את מאמצי המגע עם הקרקע בתחתית הקיר.

(10 נקודות)

5. בתרשים מספר 5 מסורטטת תוכנית וחתך (החתך אינו בקנ"מ) של תוספת מדרגות מפלדה בין שתי קומות במבנה.

העומס הכולל על המדרגות הוא 10 ק"נ למ"ר (1000 ק"ג למ"ר, כולל משקלו העצמי).

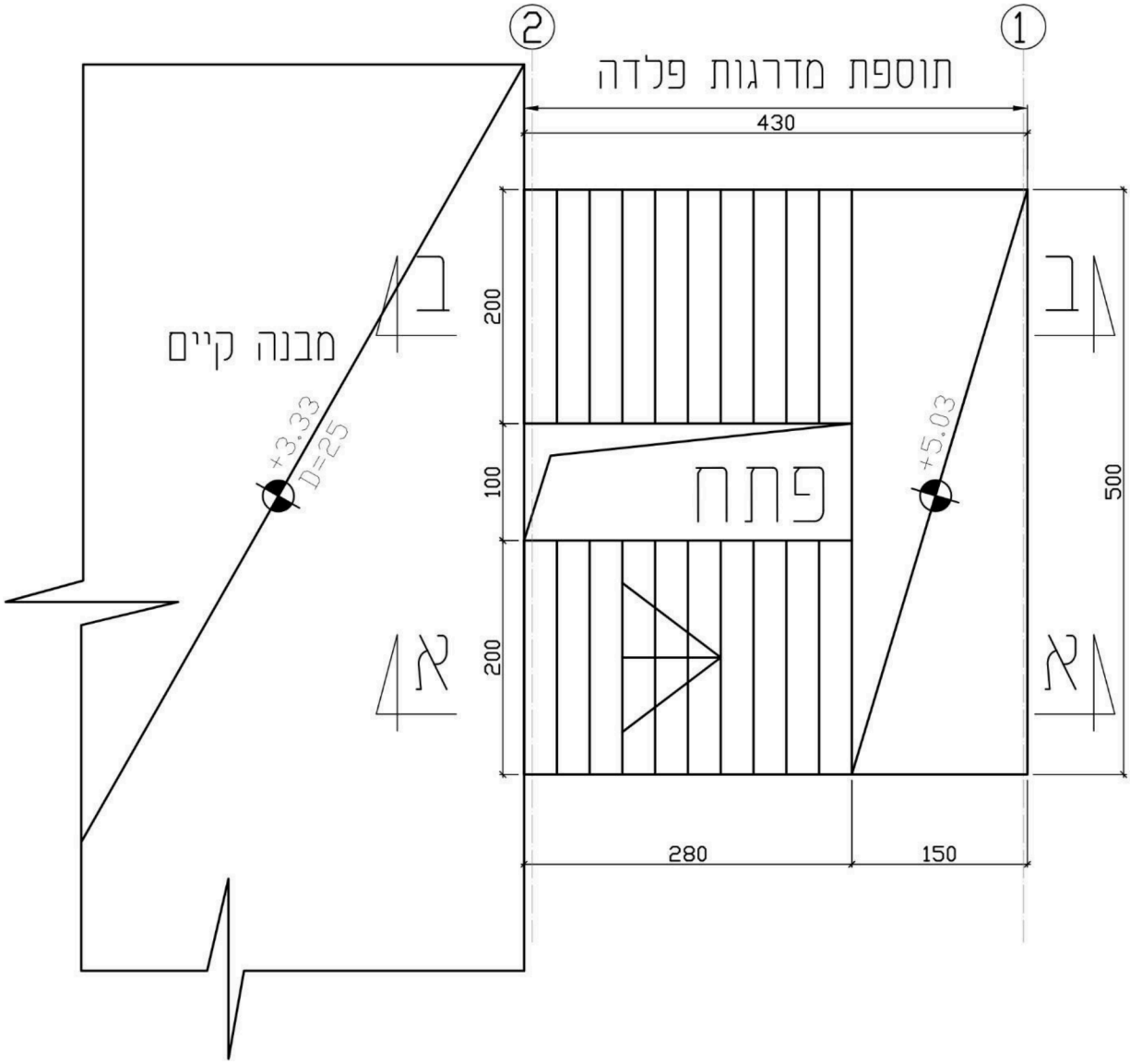
רצפת המדרגות תהיה בנויה מלוחות פלדה (מדרכים) הנשענים על קורות פלדה. המרחק המרבי בין קורות הפלדה לא יעלה על 100 ס"מ. אין צורך לתכנן את המדרכים של הפלדה.

המאמץ מותר בפלדה: $\sigma = 1400\,\mathrm{kg/cm^2} = 140\,\mathrm{MPa}$.

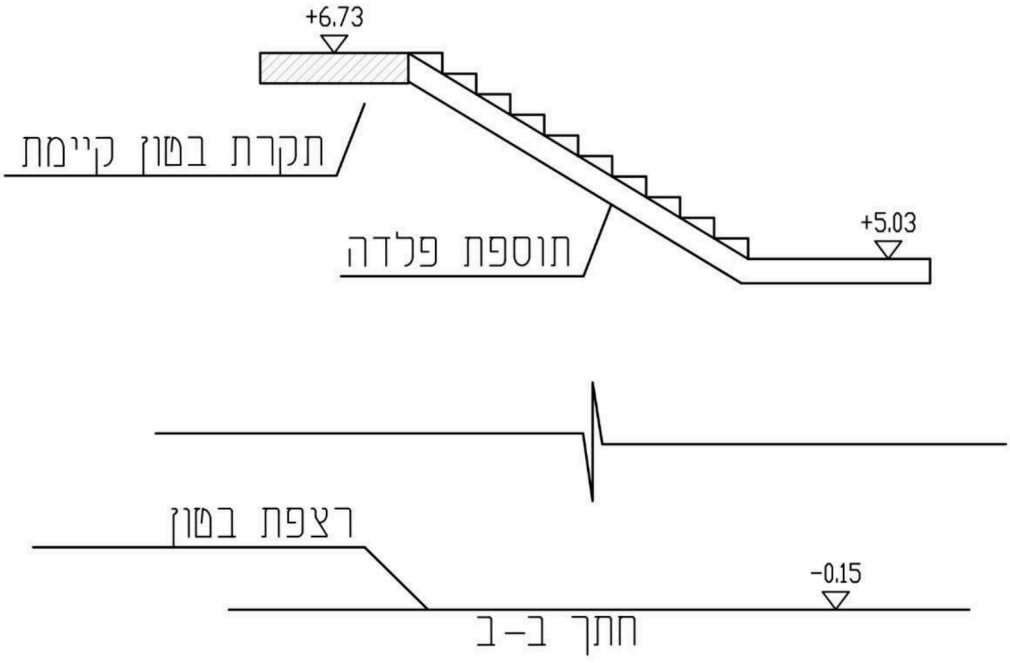
ניתן למקם עד 2 עמודים על ציר 1.

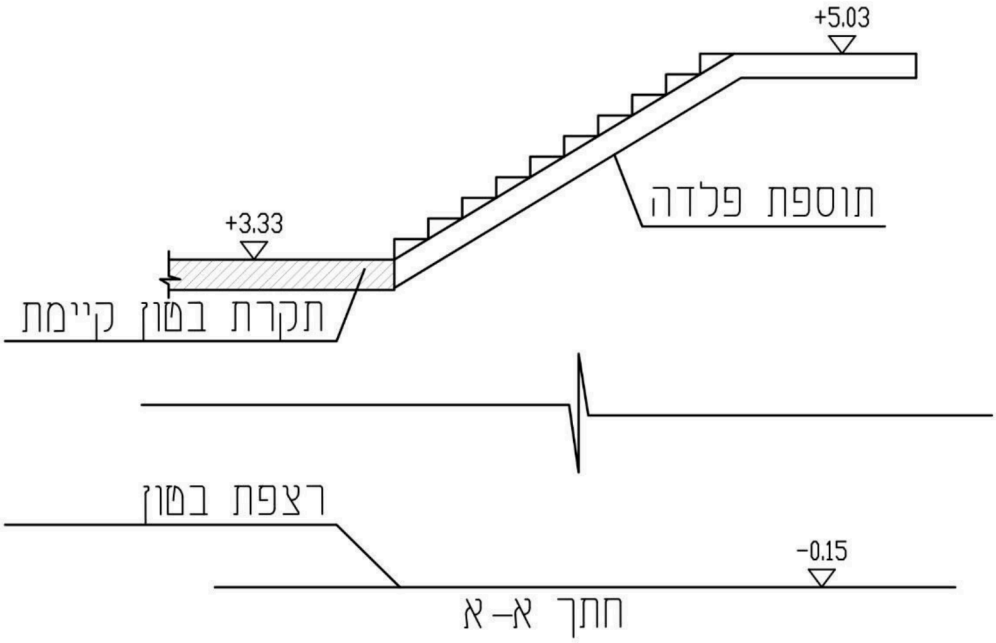
ניתן להשעין את המדרגות על תקרות הבטון.

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il



נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il





א. **העתיקו את תרשים המדרגות וסרטטו את העמודים ואת הקורות הנושאות הראשיות והקורות הנושאות המשניות ותנו שם לכל עמוד וקורה.**

(6 נקודות)

ב. **סרטטו במחברת הבחינה את הסכמות הסטטיות של הקורות הראשיות והמשניות.**
הסכמות יכללו את שם הקורה, את שמות הסמכים מפתח הקורה ואת העומס על הקורה.

(10 נקודות)

ג. **הציעו פרופיל פלדה מסוג IPN לקורה ראשית אחת ולקורה משנית אחת והוכיחו שהמאמץ בהם קטן מהמאמץ מותר.**

(10 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ד. **בחרו חתך פרופיל מתאים עבור העמוד העמוס ביותר (פרופיל RHS)**
(אורך קריסה $l_e = 5.2\,m$).
(7 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

6. נתון מבנה בעל 2 קומות לאחסון חומרים.

תוכניות וחתכים מופיעים בתרשים מספר 6.

עמודים 5 ו־6 לא יורדים לקומה התחתונה.

העומס הקבוע על התקרות בנוסף למשקלן העצמי:

תקרה במפלס +4.00:

$$\Delta g = 22\,\mathrm{kN/m^2}\ (2200\,\mathrm{kg/m^2})\ .$$

תקרה במפלס +7.00:

$$\Delta g = 10\,\mathrm{kN/m^2}\ (1000\,\mathrm{kg/m^2})\ .$$

העומס השימושי על התקרות בשני המפלסים:

$$q = 1.5\,\mathrm{KN/m^2}\ (150\,\mathrm{kg/m^2})\ .$$

יש להזניח את המשקל העצמי של הקורות והעמודים.

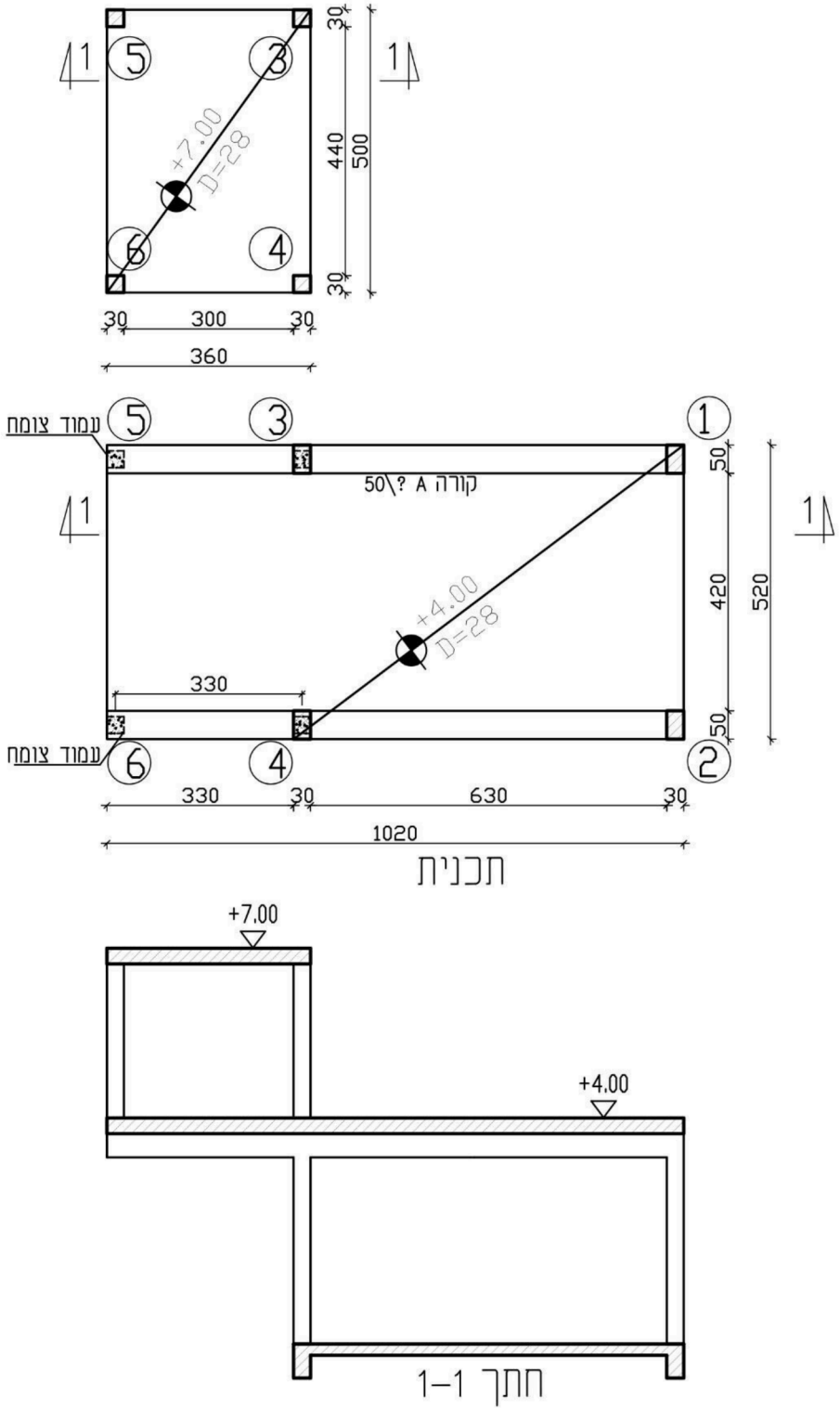
סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.

פלדה מצולעת: $435\,\mathrm{MPa}\ (4350\,\mathrm{kg/cm^2})$

עובי כיסוי הבטון 3 ס"מ.

אין צורך להתחשב במגבלות היחס בין המפתחים לצורכי חישוב מקורב.

אין צורך להתחשב במגבלות היחס בין זיז לשדה.



א. **בדוק וקבע:**

מהו סוג התקרות שמופיע בתוכניות.

האם התקרות בשני המפלסים עומדות בדרישות הכפף של תקן 466?

(6 נקודות)

ב. **חשבו את עומס השירות הפועל על קורה A**

(יש לשים לב לכלל העומסים הפועלים על קורה A).

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ג. **חשבו את עובי הקורה הדרוש כדי שהיא תעמוד בדרישות הכפף.**

(9 נקודות)

ד. **חשבו את עומסי התכן על הקורה.**

חשבו את מהלך כוחות הגזירה והמומנטים על הקורה.

(8 נקודות)

ה. **חשבו את כמות זיון הכפיפה הדרוש בקורה A.**

(4 נקודות)

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat