GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 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 מזוין", 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. הוראות מיוחדות: 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 היחידה הרלוונטית. 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: מותר להשתמש באחת משתי שיטות היחידות, אך השימוש חייב להיות עקבי לאורך כל הבחינה. יש לרשום בעמוד הראשון של הבחינה: "אני משתמש ביחידות החדשות" או "אני משתמש ביחידות הישנות". אם נבחן משתמש לסירוגין בשתי שיטות היחידות בתוך אותה השאלה או בשאלות שונות – בחינתו תיפסל. אם הנבחן לא ימלא אף אחת מההנחיות, ייחשב הדבר כאילו השתמש ביחידות החדשות. (1 טון = 10 ק"נ; 1 טון/מ"א = 10 ק"נ/מ"א; 1 טון/מ"ר = 10 ק"נ/מ"ר; 1 טון מ' = 10 ק"נ מ'; מודל אלסטיות של הפלדה: 2,100,000 ק"ג/סמ"ר = 210,000 מגפ"ס.)

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 ובה שני עמודים המחוברים ליסוד.

תנאי שפה - בתחתית העמודים יש ריתום מלא. בראש העמודים בכיוון X יש קורה בחתך 50/70.

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

מידות העמוד: 50/70 ס"מ.

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

העמוד אינו מוחזק בכיוון X, ומוחזק בכיוון Y.

העמוד מתוכנן מבטון ב־30 (אגרגט גירי) ומזיון - מפלדה מצולעת.

(חוזק התכן: $f_{sd} = 435\,[\mathrm{MPa}]$ ($4350\,\mathrm{kg/cm^2}$)).

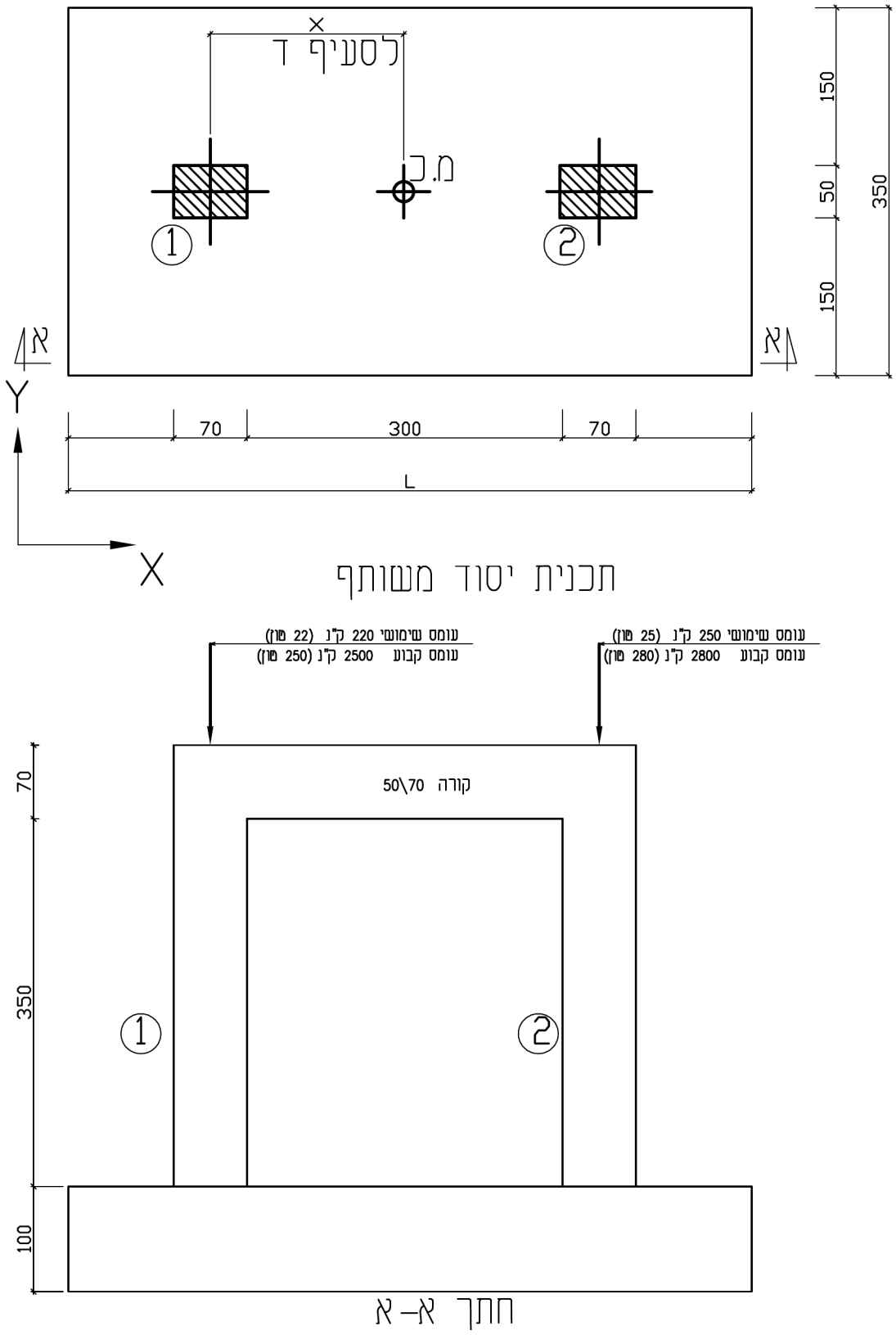
חובה לציין את היחידות בכל חישוב. אי־ציון היחידות יוריד נקודות!

סעיפים א, ב עוסקים בתכן עמוד.

נתון עבור כיוון X:

$$\lambda_{min} = 12.03 \;\; ; \;\; l_e = 4.7\,[\mathrm{m}] \;\; ; \;\; k_r = 0.38 \;\; , \;\; k_\varphi = 1.22 \;\; , \;\; c = 10$$

דרוש:



א. חשבו את 3 סוגי האקסצנטריות בכיוון X.

(4 נקודות)

ב. חשבו את שטח הזיון הדרוש בעמוד (בכיוון X) ובחרו מוטות זיון **בקוטר 25 מ"מ**.

(12 נקודות)

סעיפים ג, ד, ה, ו עוסקים בתכן היסוד.

מאמץ שירות מותר בקרקע $\left[\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}^2}\right]$ 280 ($\left[\frac{\mathrm{t}}{\mathrm{m}^2}\right]$ 28)

ג. חשבו את אורך היסוד הדרוש (המידה L בתוכנית).

(2 נקודות)

ד. חשבו את מיקום היסוד יחסית לעמודים לצורך קבלת מאמץ שווה בתחתית היסוד (לקבוע את המידה X, המסומנת בתוכנית, אשר מציינת את המרחק בין מרכז היסוד לעמוד 1).

(5 נקודות)

ה. סרטטו סכמה סטטית של היסוד בכיוון X. על הסכמה לכלול את מידות היסוד ואת עומסי התכן הפועלים עליו מהעמודים ומהקרקע.

(4 נקודות)

ו. חשבו וסרטטו את מהלך כוחות הגזירה והמומנטים לאורך היסוד בכיוון X.

(6 נקודות)

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

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 נוסף על משקלה העצמי:

$\Delta_g = 3.0\,\mathrm{kN/m^2}$ ($300\,\mathrm{kg/m^2}$).

העומס השימושי על התקרה הטיפוסית:

$q = 6\,\mathrm{kN/m^2}$ ($600\,\mathrm{kg/m^2}$).

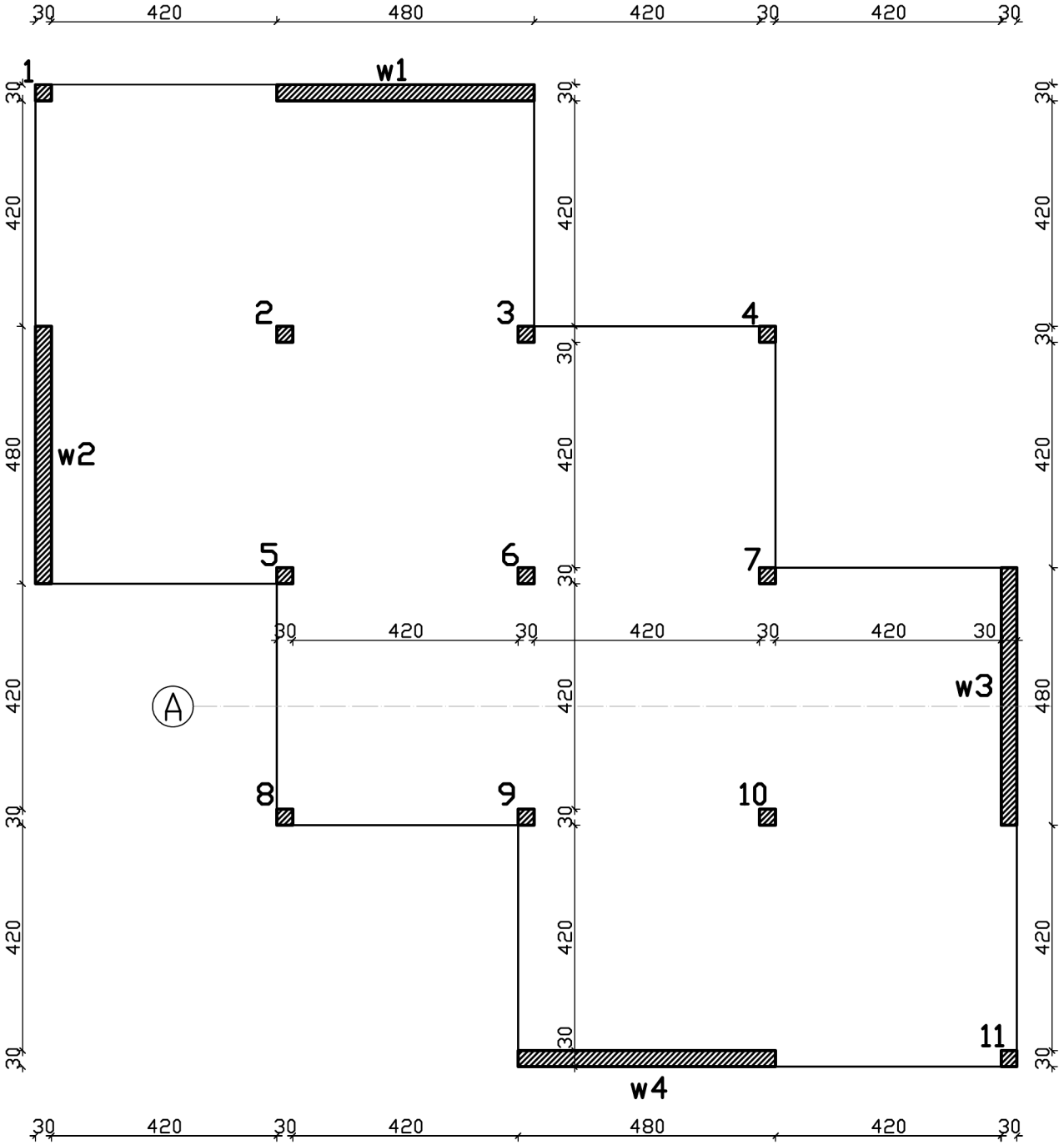
סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.

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. חשבו את עובי התקרה משקולי כפף לפי ת"י 466.

(5 נקודות)

ב. קבעו איזה רצועה קיימת לאורך ציר A וחשבו וסרטטו את מהלך המומנטים לאורך ציר A

(10 נקודות)

ג. חשבו את הזיון הדרוש מקוטר 10 מ"מ עבור הרצועה שחישבתם בסעיף ב.

(5 נקודות)

ד. חשבו את הריאקציה המתקבלת עבור עמוד 8 ועמוד 6.

(2 נקודות)

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

ה. בדקו אם קיימת בעיית חדירה סביב עמוד 8 (אין צורך לחשב זיון חדירה).
אם אכן קיימת בעיה, הציעו פתרון ללא חישוב (יש להניח מנת זיון $\rho = 0.007$).
(6 נקודות)

ו. עבור עמוד 6 חשבו וקבעו את הזיון הדרוש מקוטר 14 מ"מ לכיסוי המומנטים השליליים מעליו בכיוונים X ו־Y.
(5 נקודות)

3. **בתרשים 3** מוצגת תוכנית של תקרה של הקומות קרקע א, ב, ג, ד.

בתרשים 3א מוצגת תוכנית של תקרת קומה ה. **בתרשים 3ב** מוצג חתך של מבנה.

המבנה הוא מבנה משרדים בן 5 קומות, ללא אפשרות עלייה לגג, המבוסס על גבי רפסודה. בתוכנית מופיע סימון של קירות הקשחה ופיר הקשחה (אין צורך להתייחס לפתח המופיע בפיר).

במהלך הפתרון אפשר להניח שקשיחות התקרות במישורן היא אין־סופית.

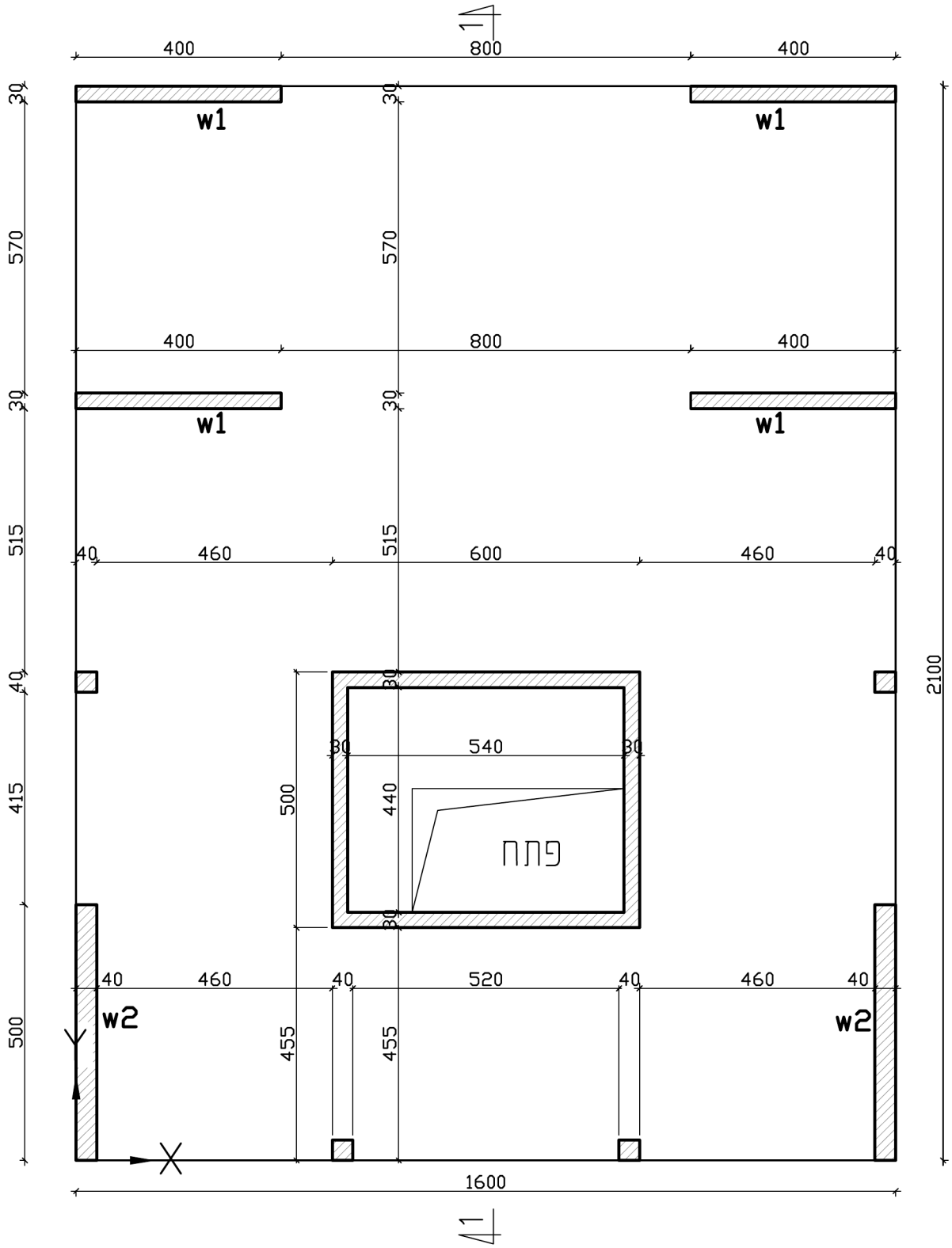
מידות קירות ההקשחה - לפי הרשום בתרשים.

העומס הקבוע על כל תקרה במבנה (כולל משקל עצמי של התקרה): $g = 19\,\mathrm{kN/m^2}$

($1900\,\mathrm{kg/m^2}$).

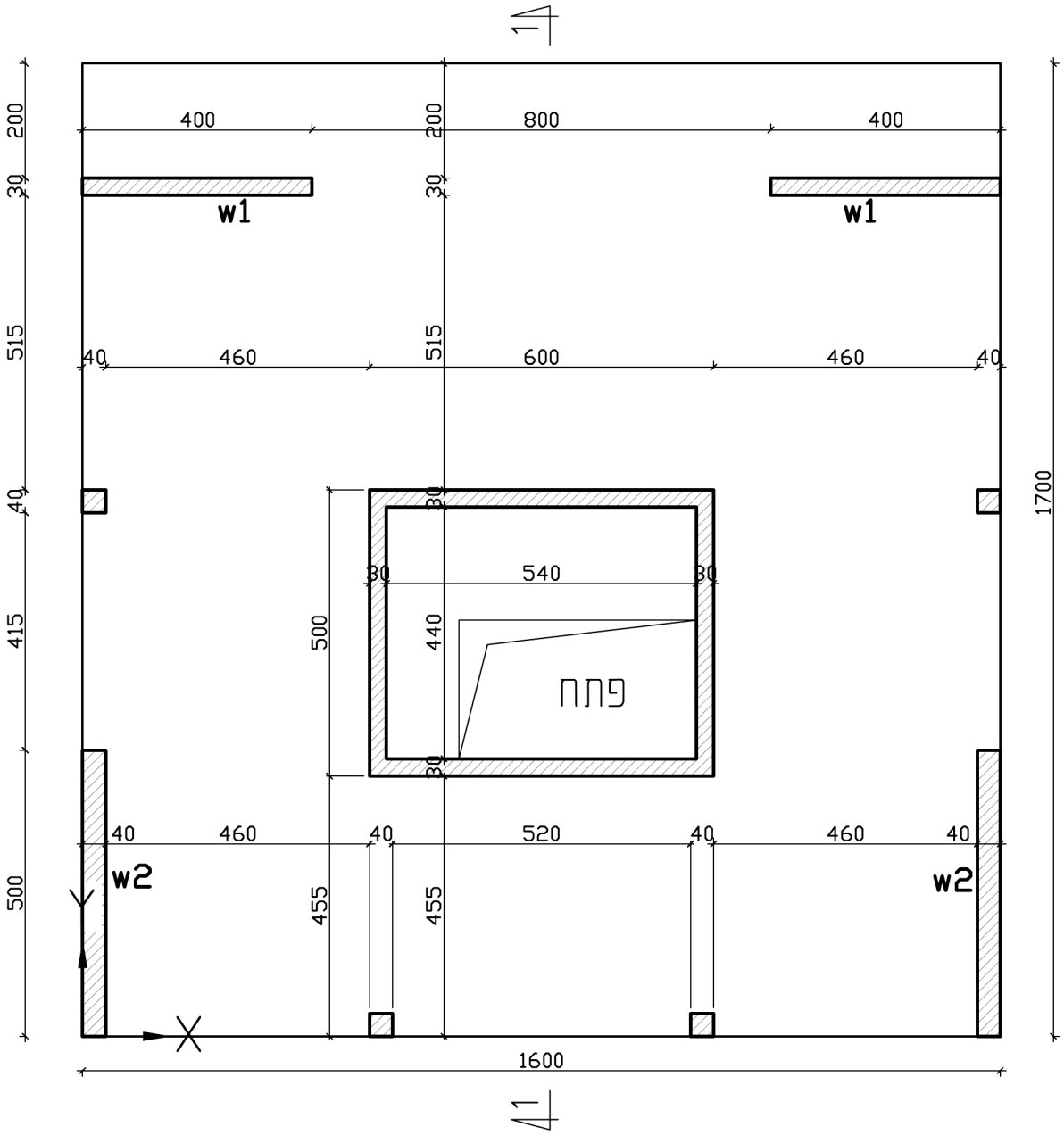
העומס השימושי הוא בהתאם לת"י 412.

יש צורך לבדוק מגבלות מבנה סדיר לפי הנחיות הסעיפים.



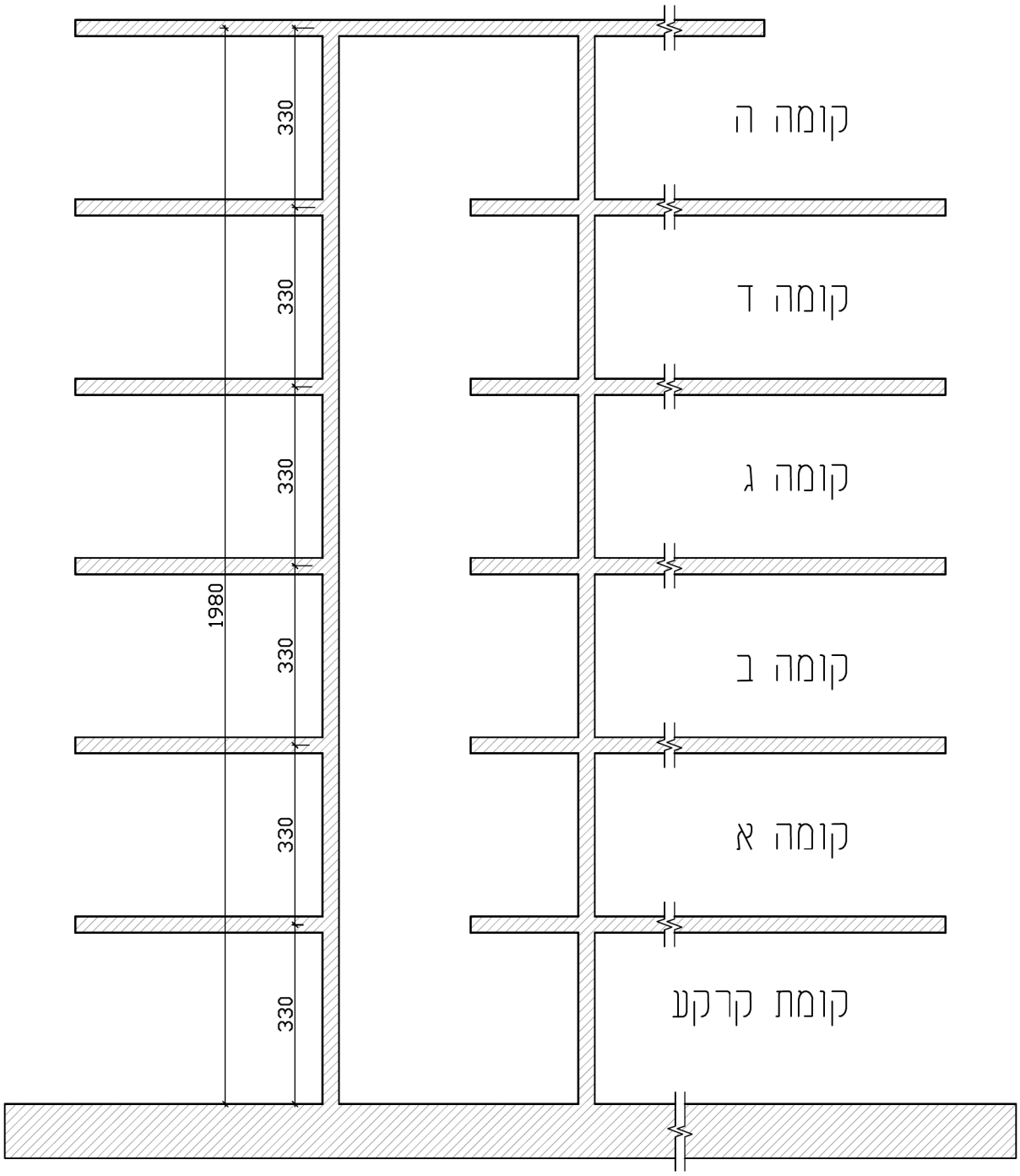
תכנית תקרה קומה קרקע. א. ב. ג. ד

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



תכנית תקרה קומה ה

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



חתך 1–1

א. **קבעו האם המבנה סדיר במתווה האנכי.**

יש להתייחס לנקודות הבאות:

- **קומה גמישה.**
- **קומה חלשה.**
- **רציפות אנכית במערכת הנושאת.**
- **היצרות הדרגתית לגובה מבנה.**

(4 נקודות)

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

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

ב. עבור קומות **קרקע** עד **קומה ד** חשבו את מרכז הכובד, בהתחשב במערכת הצירים X, Y, שמופיעה בתרשים 3, ומקמו אותו על התרשים.

(אין להפחית את פתח המדרגות, אין להתחשב במשקל הקירות והעמודים).

(4 נקודות)

ג. עבור קומות **קרקע** עד **קומה ד** חשבו את מרכז הקשיחות, בהתחשב במערכת הצירים X, Y, שמופיעה בתרשים 3, ומקמו אותו על התרשים.

(6 נקודות)

עבור סעיפים: ד-ו נתון: $C_d = 0.12$.

ד. חשבו את שטח התקרה הטיפוסית של המבנה **(אין להפחית את פתח המדרגות)**.

(1 נקודות)

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

(10 נקודות)

ו. עבור קומות **קרקע** עד **קומה ד** חשבו את מומנט הפיתול על כל קומה (יש להתחשב באקס' חישובית בלבד) **(עבור כיוון X בלבד)**.

(8 נקודות)

4. נתון קיר תומך, המוצג בתרשים **מספר 4**.

מילוי בגב הקיר:

- המשקל המרחבי של הקרקע: $\gamma = 1.8\,\mathrm{t/m^3}$ ($18\,\mathrm{kN/m^3}$).
- זווית השפיכה של הקרקע: $\phi = 30^\circ$.

נתון:

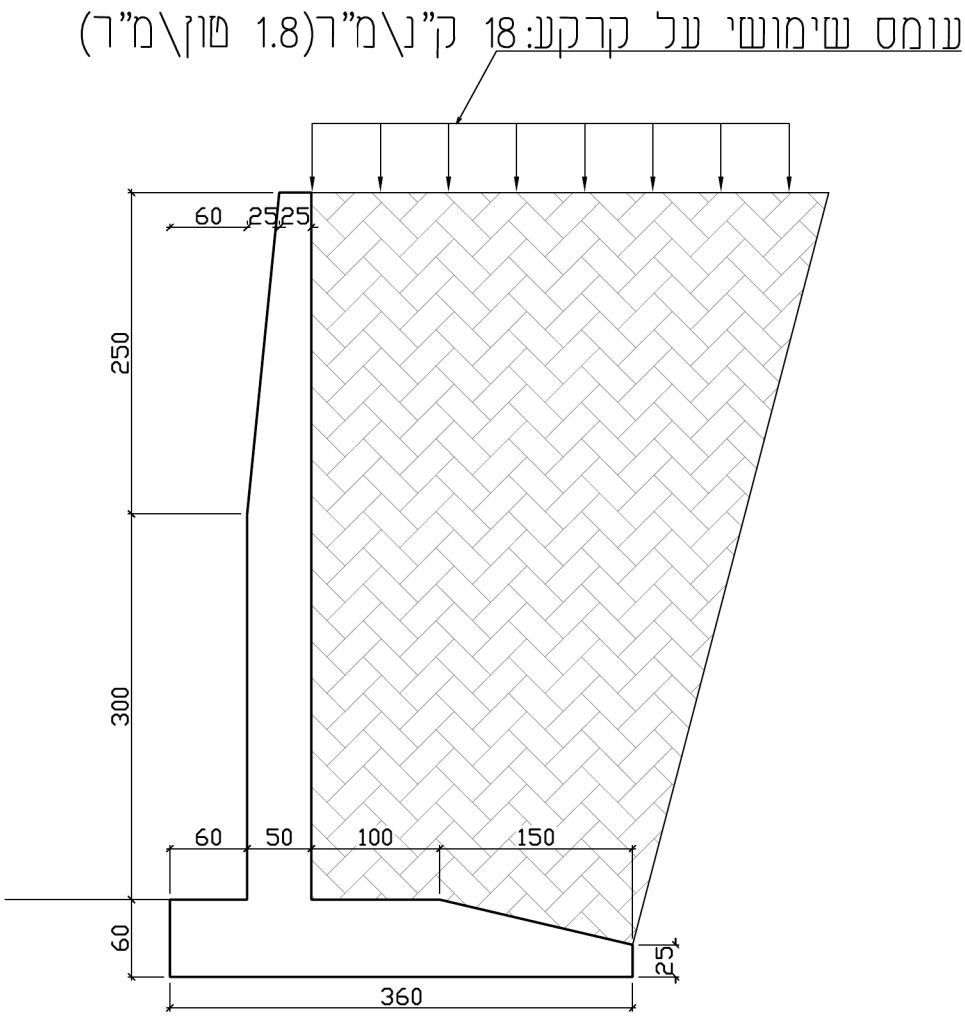
- מקדם החיכוך בין יסוד הקיר ובין הקרקע: $\mu = 0.40$.
- המשקל המרחבי של בטון הקיר: $\gamma = 25\,\mathrm{kN/m^3}$ ($2500\,\mathrm{kg/m^3}$).
- בראש הקיר קיים עומס שימושי של $18\,\mathrm{kN/m^2}$ ($1800\,\mathrm{kg/m^2}$). חובה להתחשב בו כתורם ליציבות הקיר.

סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.

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

עובי כיסוי הבטון: 5 ס"מ.

בסעיפים א ו־ב לרשום את גודל המאמצים והכוחות על גבי השרטוט במחברת.



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

(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 מקדם הביטחון להחלקה.

(7 נקודות)

ד. חשבו את מקדם הביטחון להיפוך.

(8 נקודות)

ה. העתיקו את החתך למחברת ושרטטו עליו פריסת זיון עיקרית (אין צורך לחשב את הזיון).

(2 נקודות)

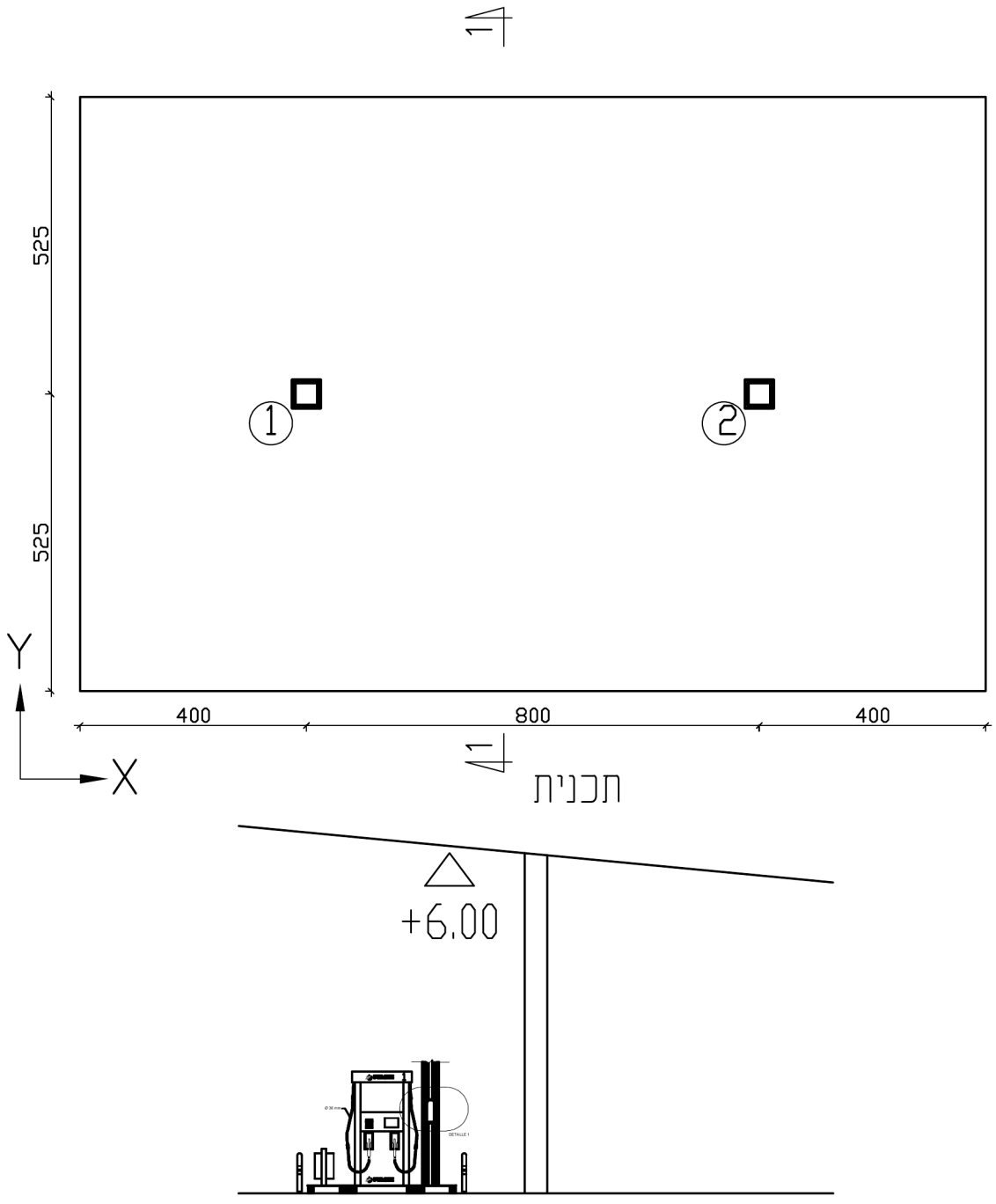
ו. חשבו והראו האם שקול הכוחות נמצא בשליש התיכון של הבסיס?

(7 נקודות)

5. בתרשים 5 מסורטטות תוכנית וחתך של גג פלדה, המשמש כקירוי לעמדת תדלוק.
גג המבנה נתמך על 2 עמודים (2,1). (ניתן לרתום את הקורות לעמודים).
המרישים (אין צורך לתכנן) בגג מסודרים במרחק של 1.0 מטר זה מזה. קירוי הגג והחזיתות עשויים פח גלי.
המשקל העצמי של קונסטרוקציית הגג הוא 0.35 ק"נ למ"ר (35 ק"ג למ"ר), והוא כולל את משקל הקורות, משקל המרישים ומשקל פחי הקירוי.
מתכנן בדק את הכוחות הפועלים על המבנה כתוצאה ממשב רוח בכיוון +X.
להלן הלחצים האופייניים על הגג:
גג – פני הגג בכיוון מעלה הרוח: 1.4 ק"נ למ"ר (140 ק"ג למ"ר) (יניקה).
בפתרון השאלה יש להתייחס לנתונים אלה כאל נתונים מוגדרים וסופיים, ואין צורך בחישוב נוסף לכוחות הרוח.

יש להזניח את השיפוע של הגג בפתרון הכוחות.

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



חתך 1–1

א. העתיקו את תוכנית הגג, סרטטו קורות נושאות ראשיות וקורות נושאות משניות ותנו שם לכל קורה.

(5 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 IPB לקורות המשניות והראשיות, והוכיחו שהמאמץ בהן קטן מהמאמץ מותר.

(10 נקודות)

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

ד. **הציעו חתך מתאים עבור העמודים** $RHS400/400/?$.

(5 נקודות)

ה. **שרטטו פרט חיבור בין קורה ראשית לקורה משנית.**

(3 נקודות)

6. נתון מבנה ציבורי.

תוכניות וחתכים של המבנה מופיעים בתרשימים **מספר 6, 6א ו־6ב**.

עמודים 1,2,3,4,5,6 אינם יורדים לקומה התחתונה.

העומס הקבוע על התקרות נוסף על משקלן העצמי:

$\Delta_g = 4.5\,\mathrm{kN/m^2}$ ($450\,\mathrm{kg/m^2}$).

העומס השימושי על התקרות:

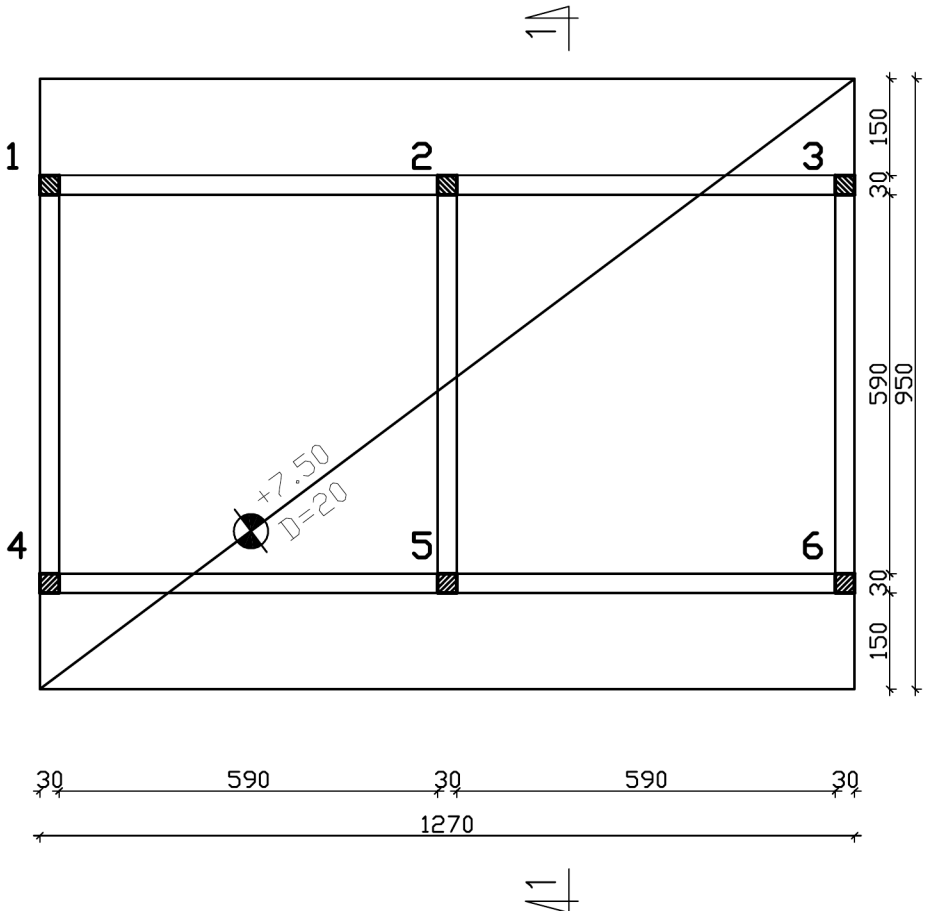
$q = 2.5\,\mathrm{kN/m^2}$ ($250\,\mathrm{kg/m^2}$).

סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.

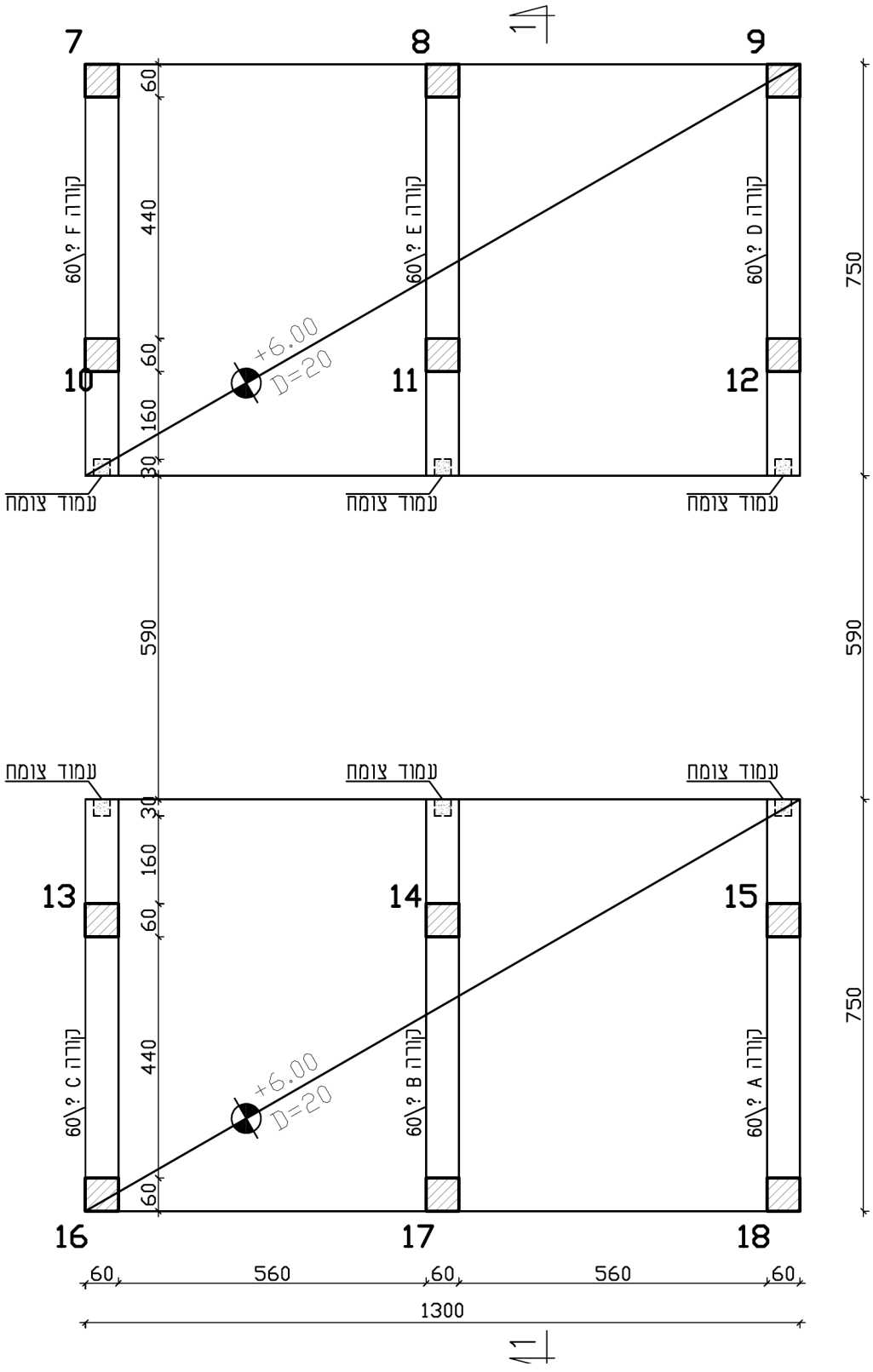
פלדה מצולעת: $435\,\mathrm{MPa}$ ($4350\,\mathrm{kg/cm^2}$).

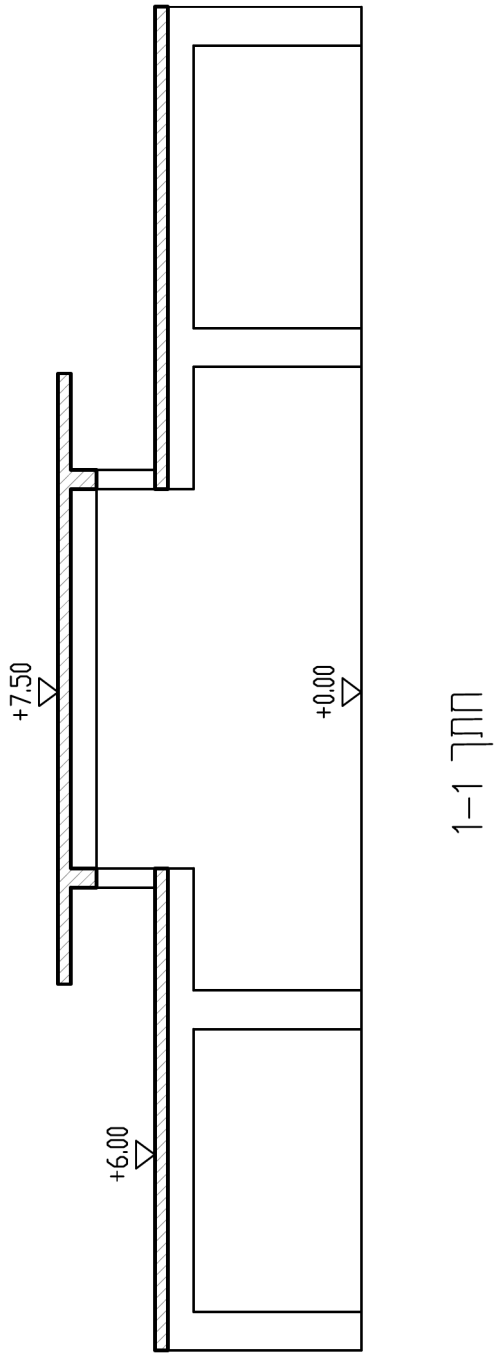
עובי כיסוי הבטון 3 ס"מ.

אין צורך להתחשב במגבלות היחס בין המפתחים בכיוונים X ו־Y של התקרות.



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


7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
1
1
60
440
160
30
590
750
60
560
1300
קורה F ? 60\
קורה E ? 60\
קורה D ? 60\
קורה C ? 60\
קורה B ? 60\
קורה A ? 60\
+6.00
D=20
עמוד צומח



א. **בדקו וקבעו:**

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 B (יש לשים לב לכלל העומסים הפועלים על הקורה, ואין להתחשב במשקלה העצמי של הקורה והעמוד).**

(6 נקודות)

ג. **חשבו את עובי הקורה B הדרוש כדי שהיא תעמוד בדרישות הכפף (לצורך החישוב יש להתייחס לחתך מלבני בלבד, ואין להתחשב במשקלה העצמי של הקורה והעמוד).**

(9 נקודות)

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

ד. חשבו את **עומסי התכן** על הקורה.

חשבו את מהלך כוחות הגזירה והמומנטים על הקורה.

(8 נקודות)

ה. **חשבו את זיון הכפיפה הדרוש בקורה B (לפי מידות הקורה שחישבתם בסעיף ג).**

(4 נקודות)

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