סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2026 מועד א'
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. <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 הכינוי שלו. 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. 7. אם חסרים נתונים - יש להשלים אותם לפי שיקול דעת הנדסי. 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. (יחידות ישנות/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 (מ"א = מטר אורך); כוח מפורס ליחידת שטח 1 טון/מ"ר = 10 ק"נ/מ"ר (מ"ר = מטר ריבוע); מומנט 1 טון מ' = 10 ק"נ מ' (מ' = מטר).)

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

בהצלחה!

השאלות

1. בתרשים מסורטטים קטע מתוכנית קומה של בניין משרדים וחתך א-א.

יש לתכנן את עמוד מספר 1 שמועמס בכוח קבוע של 1600 ק"נ (160 טון) וכוח שימושי של 200 ק"נ (20 טון).

מידות העמוד: 40/60 ס"מ. $d_s = d'_s = 5.0$ ס"מ.

העמוד מוחזק בכיוון X **ואינו מוחזק** בכיוון Y .

העמוד רתום בתחתית שלו ליסוד.

העמוד מתוכנן מבטון ב-30 (אגרגט גירי)

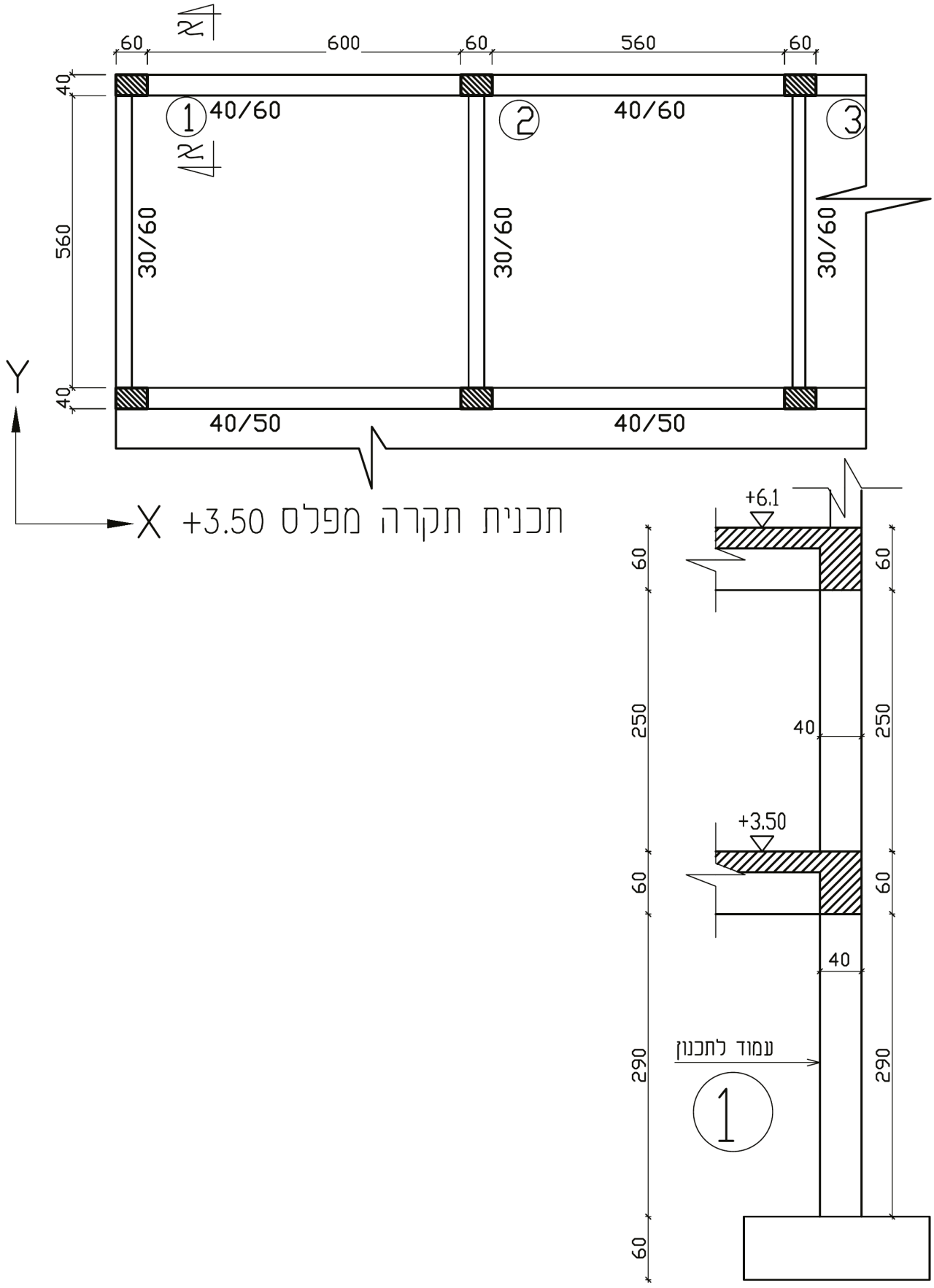
זיון - מפלדה מצולעת. (חוזק התכן: $f_{sd} = 435\,[\mathrm{MPa}]\ (4350\,\mathrm{kg/cm^2})$).

נתון עבור שני הכיוונים: X , Y :

$$A = 0.7,\ B = 1.58,\ C = 1.7$$

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

דרוש:



א. **חשבו את ערך התמירות הגבולית, λ_{min} , בכיוון X .**

(2 נקודות)

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

ב. חשבו את האורך הפעיל של העמוד בכיוון X. תנאי השענה של קורה: פרקי ($K_b = 3EI_{cr,b}/l_b$).

(8 נקודות)

עבור סעיפים: ג', ד', **נתון:** האורך הפעיל בכיוון X $l_e = 2.2$ מטר.

ג. חשבו את תמירות העמוד (λ) בכיוון X.

(2 נקודות)

ד. **נתון:** אורך עמוד צירי ($l = 3.50$ מטר). חשבו את שני סוגי האקסצנטריות (e_d), (e_i) בכיוון X (אין לחשב e_2).

(3 נקודות)

עבור סעיפים: ה', ו' **נתון:** האורך הפעיל בכיוון Y שווה ל- 4.6 מטר ($l_e = 4.6\,[\mathrm{m}]$).

ה. חשבו את תמירות העמוד (λ) בכיוון Y.

(2 נקודות)

ו. **נתון:** אורך העמוד הצירי: $l = 3.6$ מטר, $c = 8$ (מקדם אינטגרציה), $K_\varphi = 1.14$, $K_r = 0.55$, $d^* = d$.

חשבו את שלושת סוגי האקסצנטריות (e_d), (e_i), (e_2), בכיוון Y.

(6 נקודות)

ז. **נתון:** מאמץ שרות מותר בקרקע 250 ק"נ/מ"ר (25 טון/מ"ר) חשבו מידות יסוד ריבועי ותכננו את זיון הכפיפה התחתון שלו.

(10 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 נוסף על משקלה העצמי:

$\Delta_g = 6.0\,\mathrm{kN/m^2}$ ($600\,\mathrm{kg/m^2}$).

העומס השימושי על התקרה הטיפוסית:

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

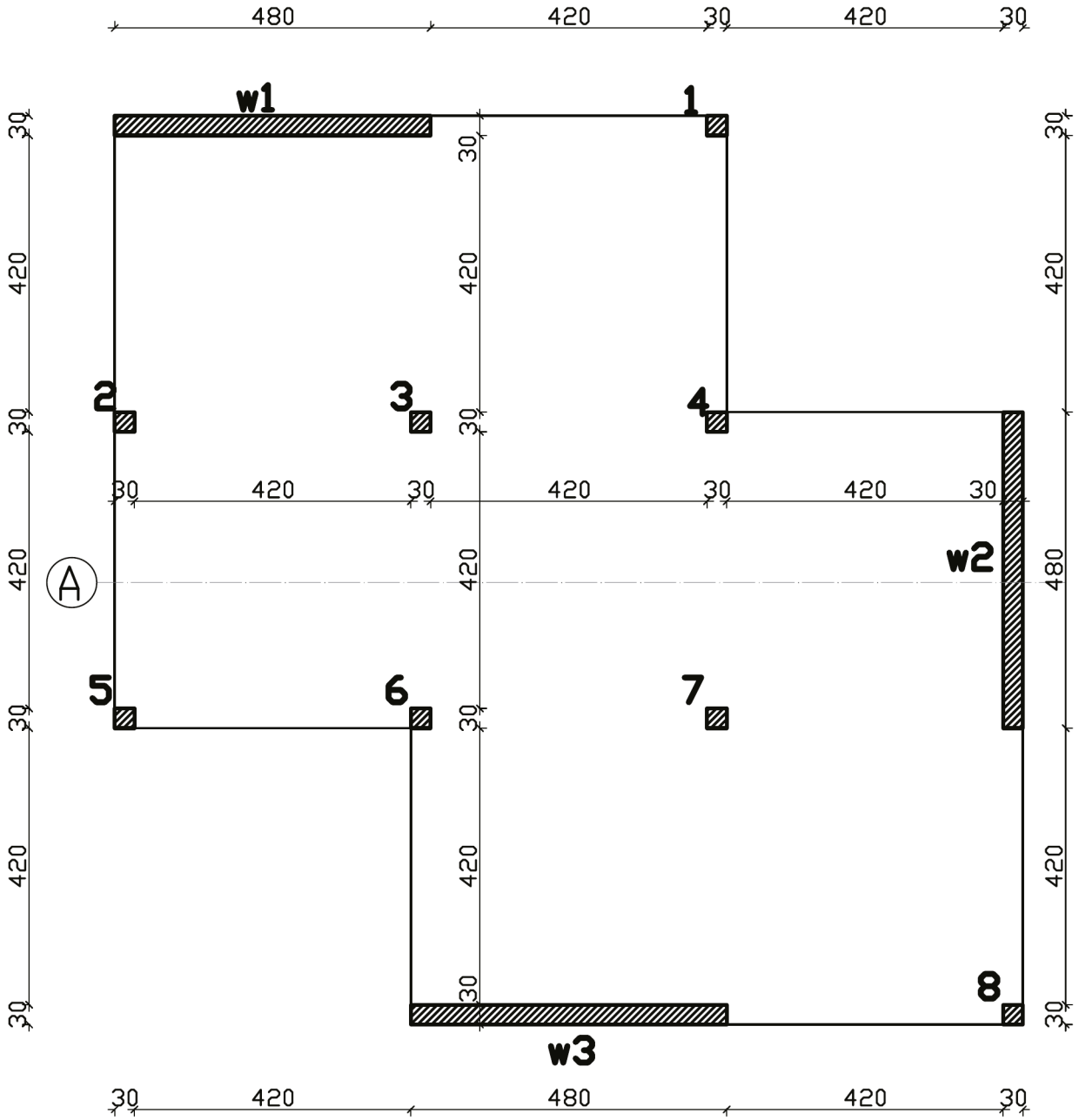
סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.

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 5 ועמוד 7.

(2 נקודות)

ה. בדקו אם קיימת בעיית חדירה סביב עמוד 5 (אין צורך לחשב זיון חדירה).

אם אכן קיימת בעיה, הציעו פתרון ללא חישוב (יש להניח מנת זיון $\rho = 0.005$).

(6 נקודות)

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

1. עבור עמוד 7 חשבו וקבעו את הזיון הדרוש מקוטר 14 מ"מ לכיסוי המומנטים השליליים מעליו בכיוונים X ו- Y.

(5 נקודות)

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

3. **בתרשים 3** מוצגת תוכנית של תקרת קומות קרקע, א, ב, ג, ד של בניין משרדים.

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, והוא מבוסס 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 תקרות א, ב, ג, ד במבנה (כולל משקל עצמי של התקרה):

$g = 14\,\mathrm{kN/m^2}\ (1400\,\mathrm{kg/m^2})$.

העומס על תקרה ה' כולל משקל עצמי של התקרה): $g = 20\,\mathrm{kN/m^2}\ (2000\,\mathrm{kg/m^2})$.

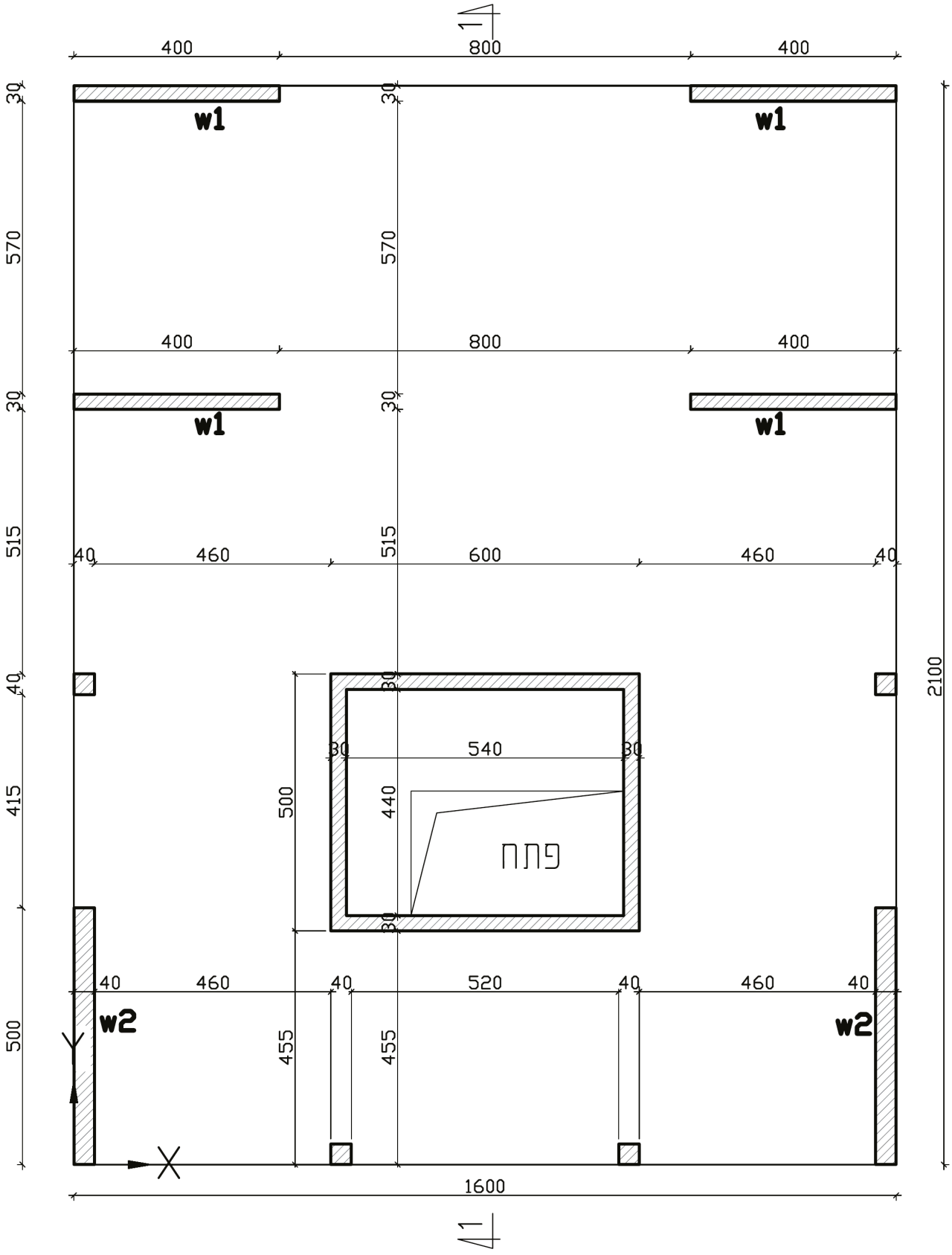
העומס השימושי הוא בהתאם לת"י 412.

המבנה נמצא באזור תל אביב. $S_S = 0.14$, $S_1 = 0.04$, $Z = 0.06$.

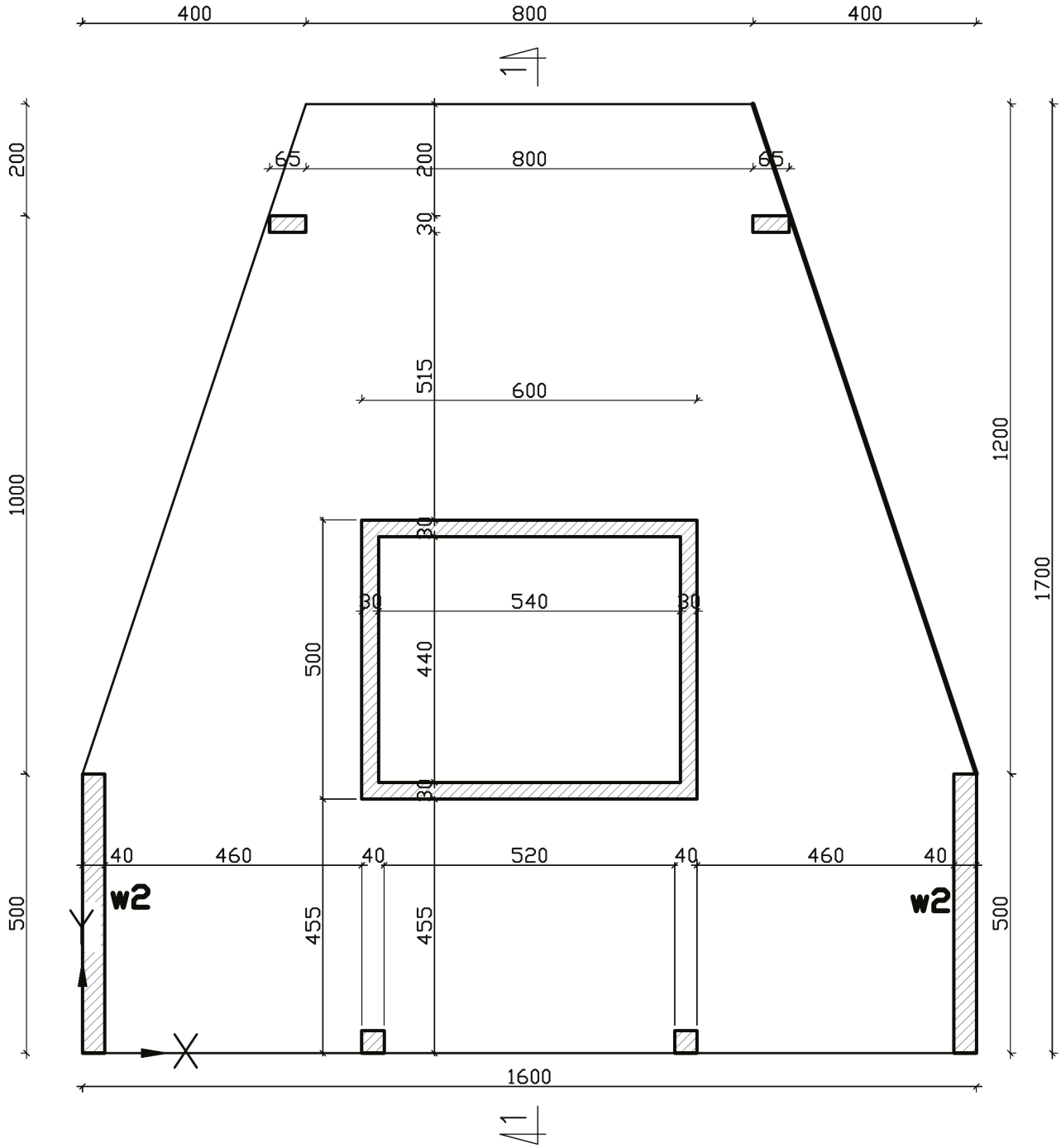
הקרקע באתר מסוג C.

המבנה מתוכנן למשיכות נמוכה.

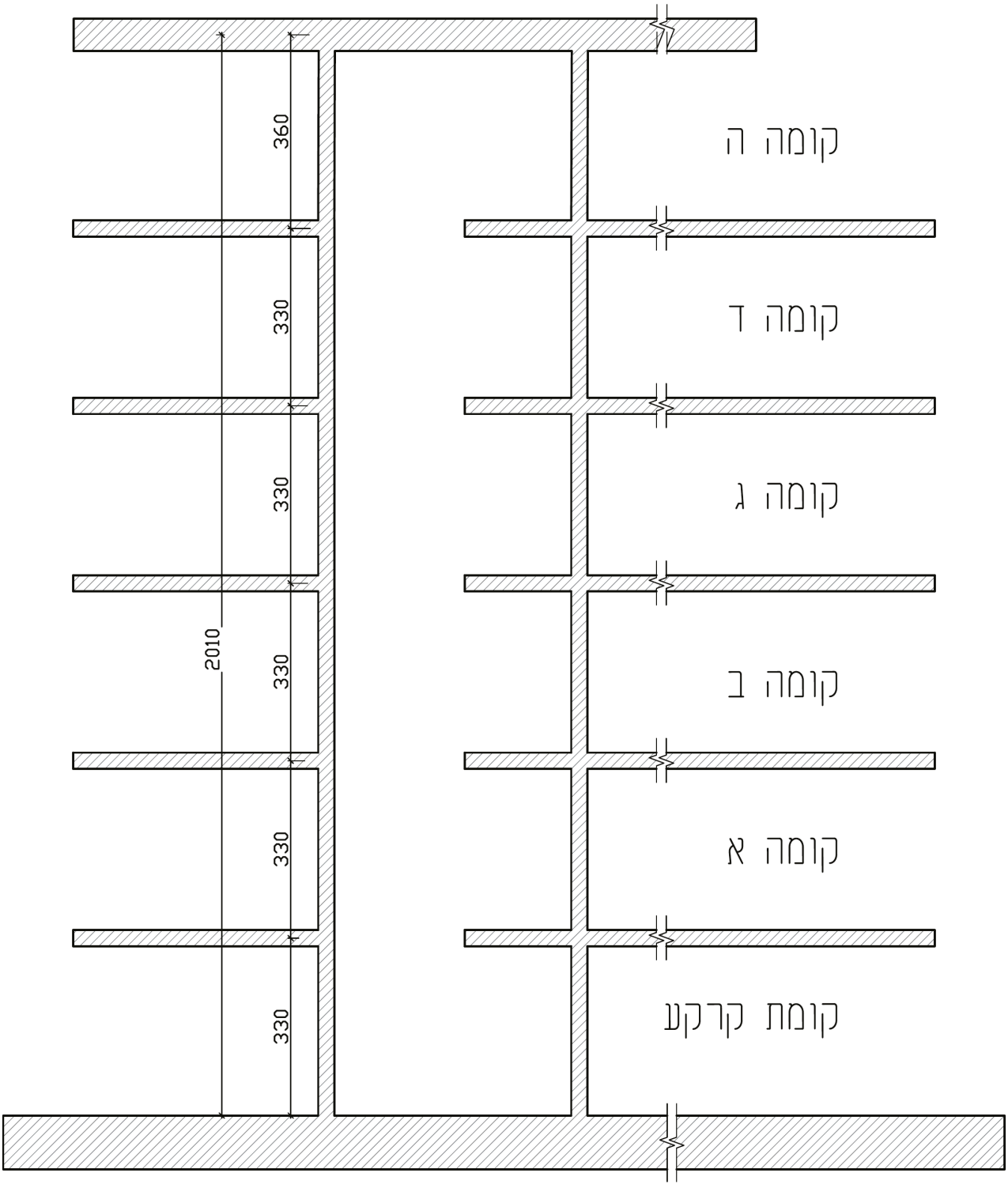
אין צורך לבדוק מגבלות מבנה סדיר לפי הנחיות הסעיפים.



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



חתך 1–1

א. **קבעו את מקדמי השכיחות לעומס שימושי.**

קבעו את מקדם החשיבות של המבנה.

חשבו את התקופה הבסיסית של המבנה.

חשבו את מקדם תאוצת התכן הספקטרית S_a .

חשבו את מקדם התכן הסייסמי C_d .

(10 נקודות)

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

ב. 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, הקורות והעמודים).

(4 נקודות)

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

(10 נקודות)

עבור סעיפים: ד-ה נתון: $C_d = 0.1$.

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

(1 נקודות)

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

(8 נקודות)

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

נתוני מילוי:

- המשקל המרחבי של הקרקע: $\gamma = (2000\,\mathrm{kg/m^3})\ 20\,\mathrm{kN/m^3}$.
- זווית השפיכה של הקרקע: $\varphi = 45^\circ$.

נתון:

- מקדם החיכוך בין יסוד הקיר ובין הקרקע: $\mu = 0.45$.
- המשקל המרחבי של בטון הקיר: $\gamma = (2500\,\mathrm{kg/m^3})\ 25\,\mathrm{kN/m^3}$.

ועומס שימושי של $(2000\,\mathrm{kg/m^2})\ 20\,\mathrm{kN/m^2}$.

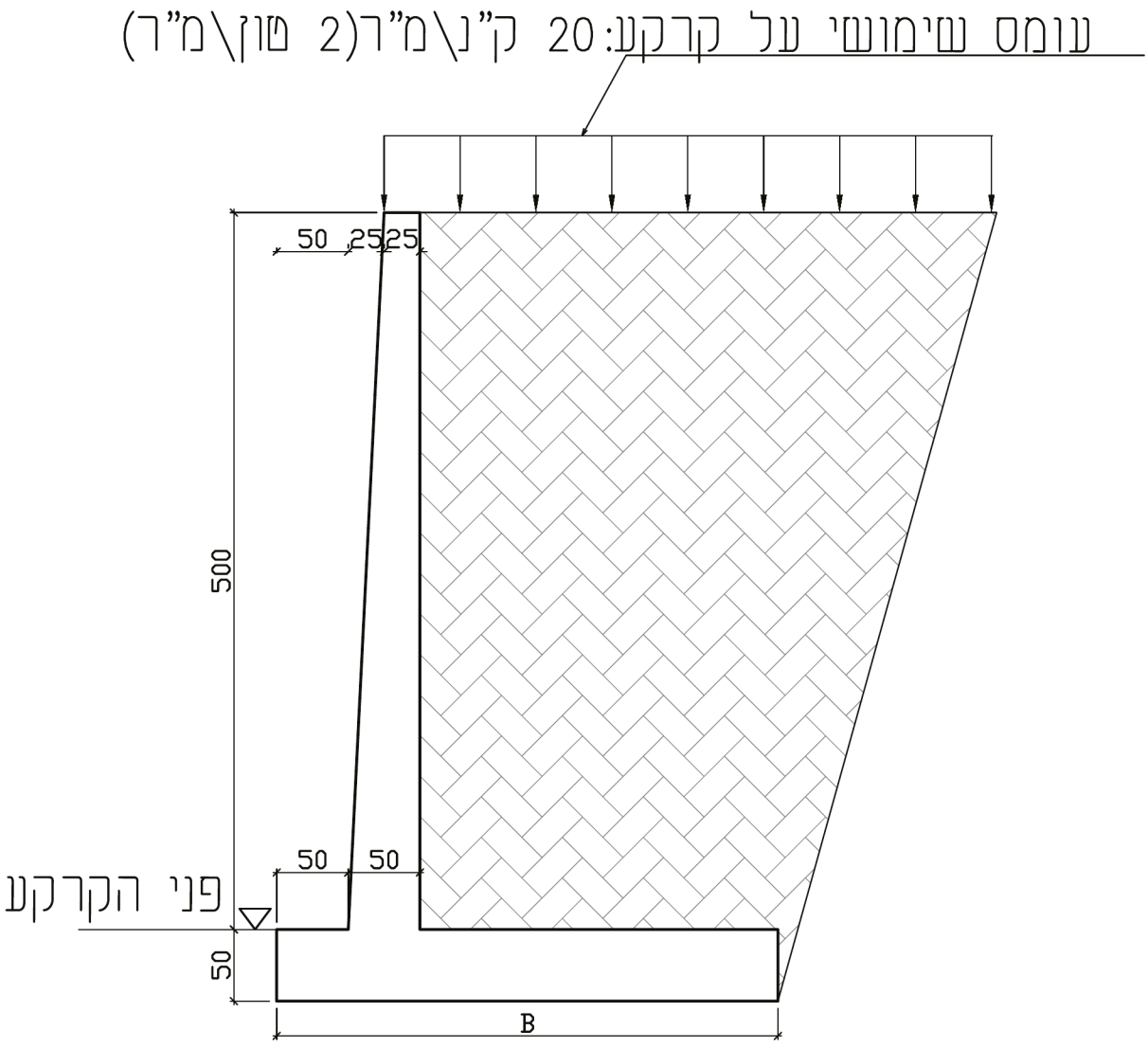
סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.

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

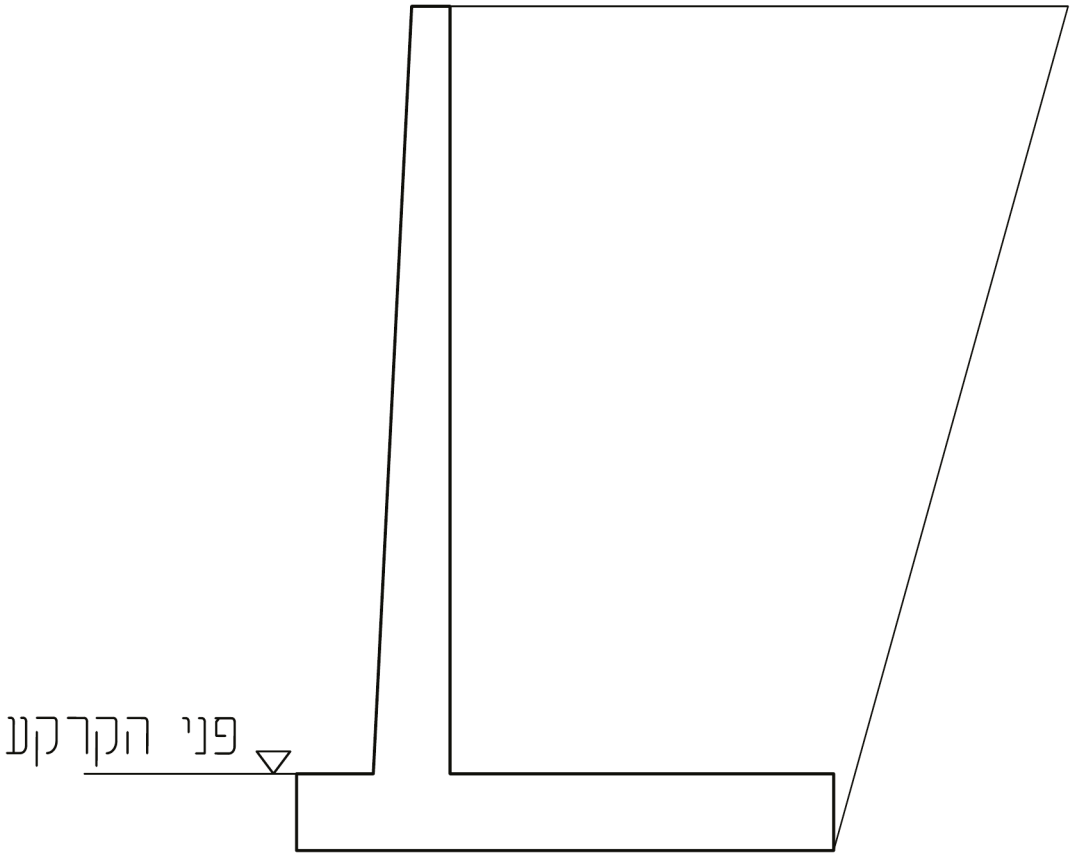
עובי כיסוי הבטון: 5 ס"מ.

אין להתחשב בכוחות פסיביים.

דרוש:



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



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

(6 נקודות)

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 (SF=1.5).

(6 נקודות)

עבור סעיפים ד-ו נתון: הערך $B = 2.5$ מטר

ד. חשבו את מקדם הביטחון להיפוך.

(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)

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

5. בתרשים **מספר 5** מסורטטת תוכנית של תוספת גלריית פלדה בתוך מפעל קיים לאחסון חומרים.

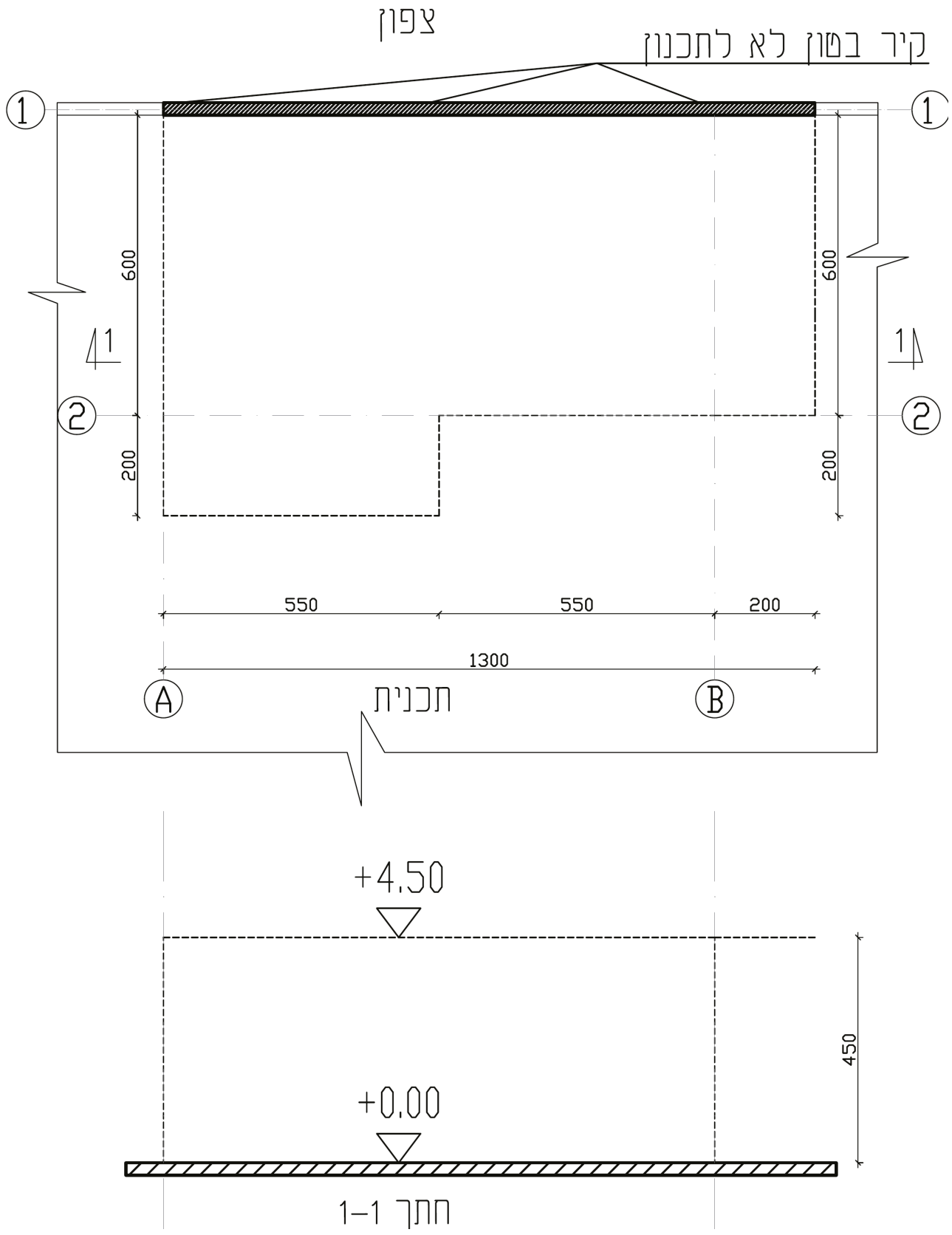
כל החיבורים של גלריית הפלדה מוגדרים כפירקיים.

הגלריה מוחזקת בכיוון X ובכיוון Y (כמו כן בחזית הצפונית קיים קיר בטון המסוגל לשאת את עומסי הגלרייה עליו).

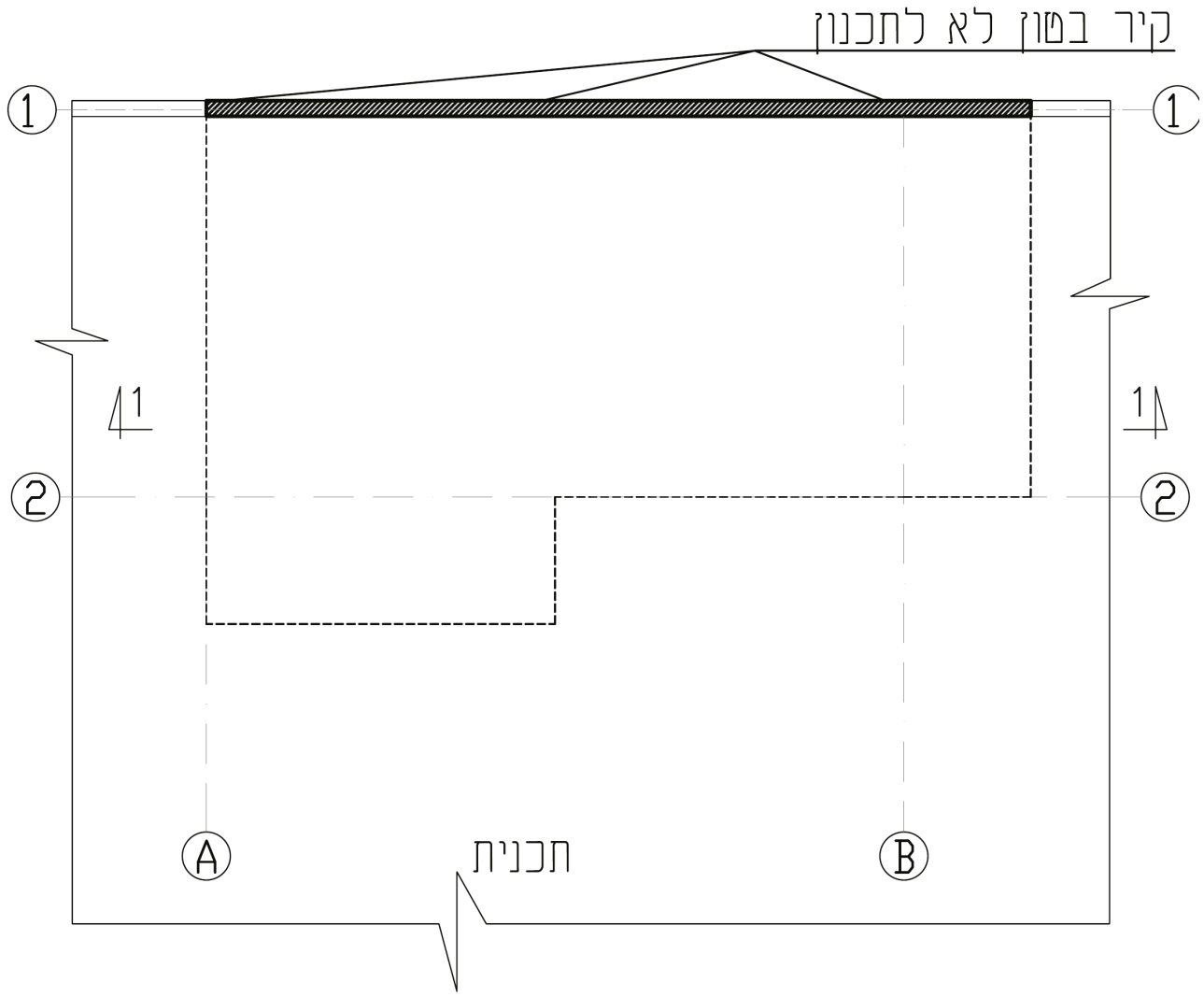
העומס (כולל את המשקל העצמי של הגלריה) הוא 15 ק"נ למ"ר (1.5 טון למ"ר).

רצפת הגלריה במפלס +4.50 תהיה בנויה מלוחות פלדה הנשענים על קורות פלדה. המרחק המרבי בין קורות הפלדה לא יעלה על 80 ס"מ. אין צורך לתכנן את לוחות הפלדה.

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



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



א. הוסיפו 3 עמודים בחזית הדרומית (**לאורך ציר 2 בין צירים A ו־B בלבד**) וסרטט על תרשים 1א את מיקומם.

(5 נקודות)

ב. סרטטו על תרשים 5א קורות נושאות ראשיות וקורות נושאות משניות ותנו שם לכל קורה.

(5 נקודות)

ג. סרטטו במחברת הבחינה את הסכמות הסטטיות של הקורות הראשיות והמשניות.
הסכמות יכללו את שם הקורה, שמות הסמכים, מפתח הקורה והעומס על הקורה.

(10 נקודות)

ד. הציעו פרופיל פלדה מסוג IPB לקורות המשניות והראשיות והוכיחו שהמאמץ בהן קטן מהמאמץ מותר.

(5 נקודות)

ה. מתוך העמודים שהוספתם קבעו איזה הוא העמוד העמוס ביותר לדעתכם, ובחרו פרופיל מתאים עבורו (קבעו עובי דופן עבור RHS $300\backslash 300\backslash t$).

(5 נקודות)

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

ו. הסבירו כיצד מתקבלת ההקשחה האופקית של רצפת הגלריה.

(3 נקודות)

6. נתון מבנה ציבורי.

תוכניות וחתכים של המבנה מופיעים בתרשים **מספר 6, 6א**.

עמודים 2, 4, 7, 9 אינם יורדים לקומה התחתונה.

העומס הקבוע על התקרות, נוסף על משקלן העצמי הוא: $\Delta_g = 3.0\,\mathrm{kN/m^2}$ ($300\,\mathrm{kg/m^2}$).

העומס השימושי על התקרות:

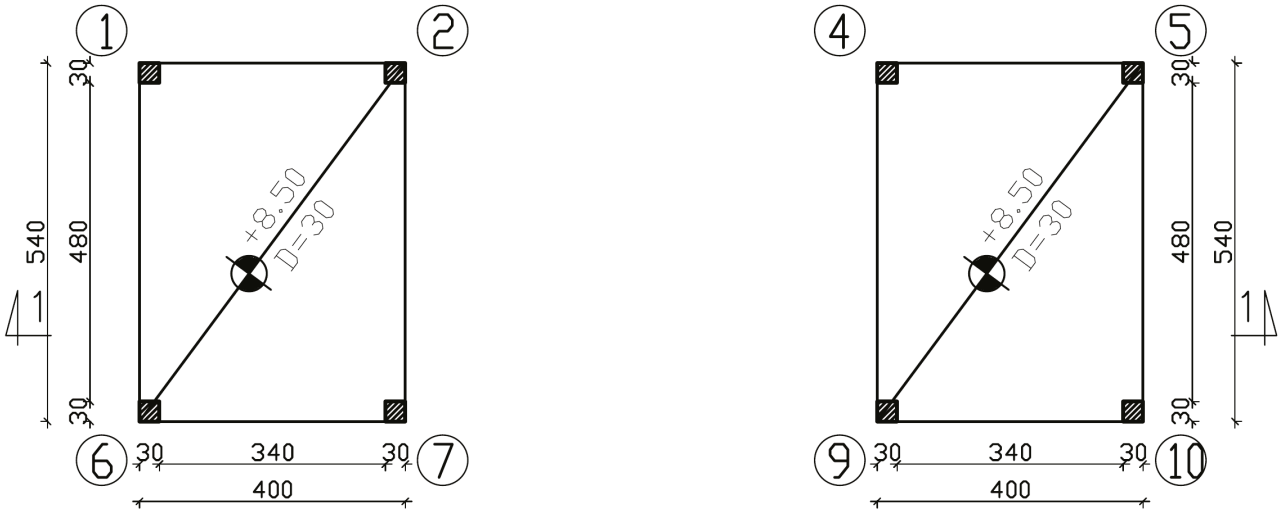
במפלס +4.00: $q = 5.0\,\mathrm{kN/m^2}$ ($500\,\mathrm{kg/m^2}$).

במפלס +8.50: $q = 1.5\,\mathrm{kN/m^2}$ ($150\,\mathrm{kg/m^2}$).

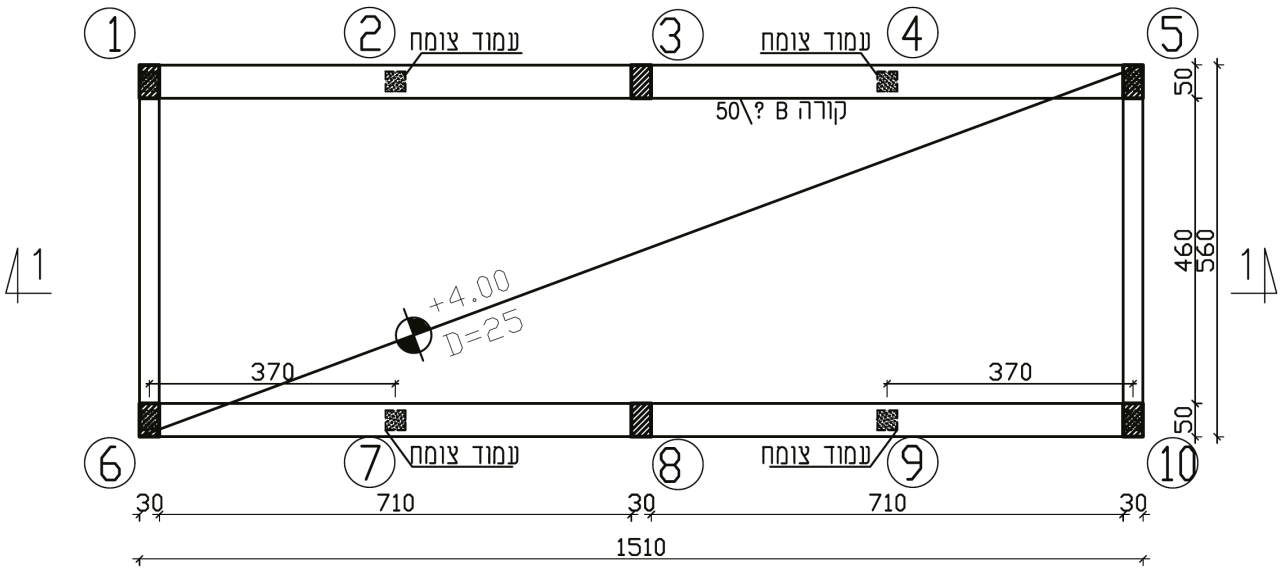
סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי.

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

עובי כיסוי הבטון 3 ס"מ.

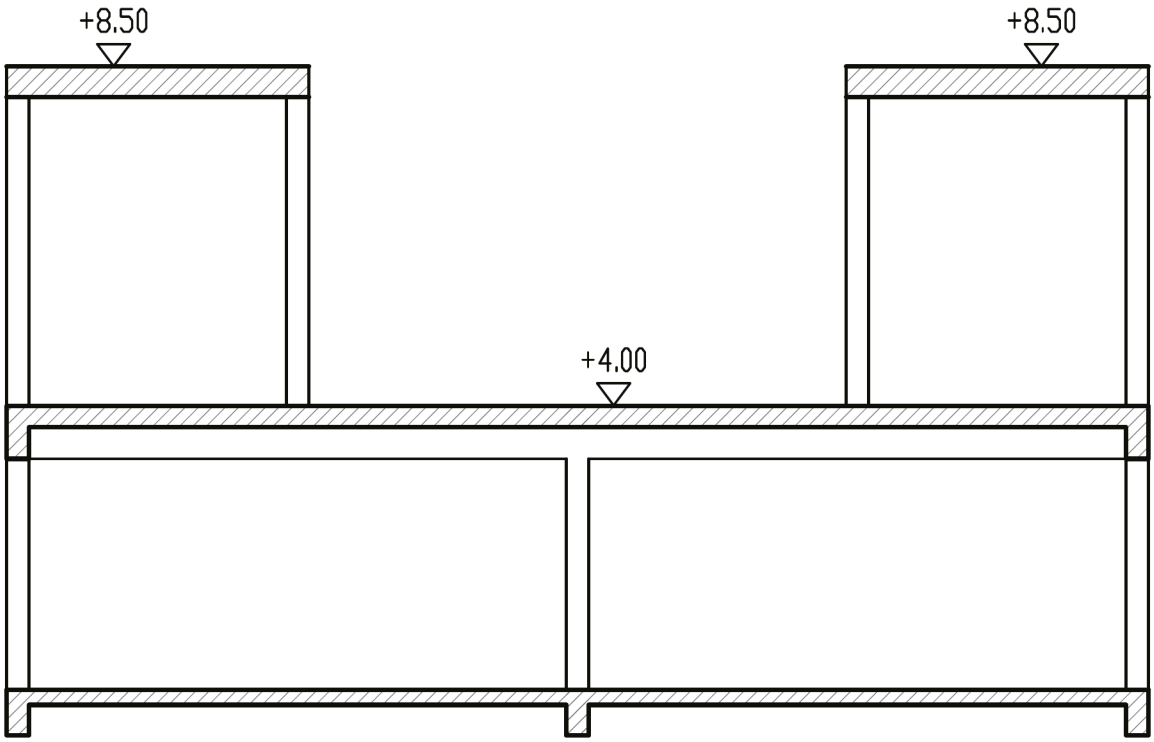


תקרה +8.50



תקרה +4.00

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



חתך 1–1

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 במשקלם 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 במשקלם העצמי של הקורה והעמוד).

(9 נקודות)

ד. חשבו את **עומסי התכן** על קורה B.

חשבו את המומנט השלילי והגזירה בקורה סמוך לעמוד 11.

(8 נקודות)

ה. חשבו את זיון הכפיפה השלילי הדרוש בקורה B.

(4 נקודות)

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

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