

תכנון הנדסי

הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים:

פרק ראשון: 34 נקודות

פרק שני: 66 נקודות

סך-הכול 100 נקודות

יש לענות על שאלה 1 שבפרק הראשון ועל שתי שאלות מהפרק השני. בסך-הכול יש לענות על שלוש שאלות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

1. כל חומר עזר כתוב בכתב-יד או מודפס על הנייר מאוגד בקלסר/ים, חוברת טבלאות

2. סרגל קנ"מ

3. מחשבון. אין להשתמש במחשב כף יד או מחשבון עם תקשורת חיצונית

ד. הוראות מיוחדות:

1. עיינו היטב בכל השאלות, לפני שתתחילו לענות עליהן.

2. את התרשימים (הסקיצות) יש לסרטט במחברת הבחינה בלבד, בעיפרון, ובהקפדה על פרופורציות נכונות. את החישובים יש לכתוב בעט, במחברת הבחינה בלבד.

3. השאלון מתבסס על ת"י 466:

חלק I ("חוקת הבטון"), יוני 2003, גיליון תיקון 3, מאי 2012

חלק II ("חוקת הבטון"), דצמבר 2015

ת"י 414 (2008): עומסים אופייניים במבנים – עומס רוח, גיליון תיקון ינואר 2009

4. אם לדעתכם חסר נתון בשאלה, השלימו אותו על-פי ראות עיניכם, ופתרו בעזרתו את השאלה. ציינו בתשובה את הנתון שהוספתם.

5. בתשובה על שאלת חישוב, עליכם להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. כל תוצאת חישוב יש להציג ביחידות המידה המתאימות, כמפורט בשאלון (עמוד 3).

6. בנספח ג' לשאלון זה מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.

הוראות למשגיחים:

יש לוודא שהתלמידים הדביקו את מדבקת הנבחן שלהם על הנספחים א' ו-ב', וצירפו אותם למחברת הבחינה.

בשאלון זה 11 עמודים ו-4 עמודי נספחים.

בשאלון זה משתמשים בתקן הבין-לאומי (SI) ליחידות מידה, הנקראות **היחידות החדשות**.
בתקן זה משתמשים בניוטון (N) כיחידת המידה של כוח, ובפסקל (Pa) כיחידת המידה של לחץ.

הנחיות לשימוש ביחידות:

הגדרת היחידה	היחידות החדשות
כוח מרוכז	$kN = \text{קילו ניוטון}$
כוח מפורס ליחידת אורך	$kN/m = \text{קילו ניוטון/מטר}$
כוח מפורס ליחידת שטח	$kN/m^2 = \text{קילו ניוטון/מ"ר}$
מומנט	$kN \times m = \text{קילו ניוטון} \times \text{מטר}$
מאמץ	$MPa = \text{מגה פסקל}$

הערות:

1. המידות באיורים נתונות ב**סנטימטרים** (cm), אלא אם מצוין אחרת.

2. נתונים כלליים **לפלדות**:

מאמץ מותר לכפיפה, ללחיצה ולמתיחה: $\sigma_m = 140 \text{ MPa}$

מודול האלסטיות: $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$

השאלות

פרק ראשון (34 נקודות)

ענו על שאלה 1 – שאלת חובה.

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון חתך של קיר כובד מבטון, התומך את הקרקע. הקרקע מורכבת משתי שכבות (מפלס עליון ומפלס תחתון).

בפתרון השאלה יש להזניח את החיכוך שבין גב הקיר לקרקע.

נתונים:

על הקרקע, במפלס העליון של הקיר, פועל עומס שימושי מפורס, שערכו $q = 8 \text{ kN/m}^2$

המשקל המרחבי של הבטון: $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$

המשקל המרחבי של הקרקע במפלס העליון: $\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3$

זווית החיכוך של הקרקע במפלס העליון: $\varphi_1 = 28^\circ$

המשקל המרחבי של הקרקע במפלס התחתון: $\gamma_2 = 20 \text{ kN/m}^3$

זווית החיכוך של הקרקע במפלס התחתון: $\varphi_2 = 32^\circ$

מקדם החיכוך בין קיר הבטון לקרקע (לעפר): $\mu = 0.5$

ענו על כל הסעיפים א'–ג'.

נתון לסעיפים א'–ג': המידה של רוחב הרגל B היא 100 ס"מ.

8 נק' א. חשבו את פירוס הלחצים של הקרקע (העפר) על הקיר, וסרטטו אותם.

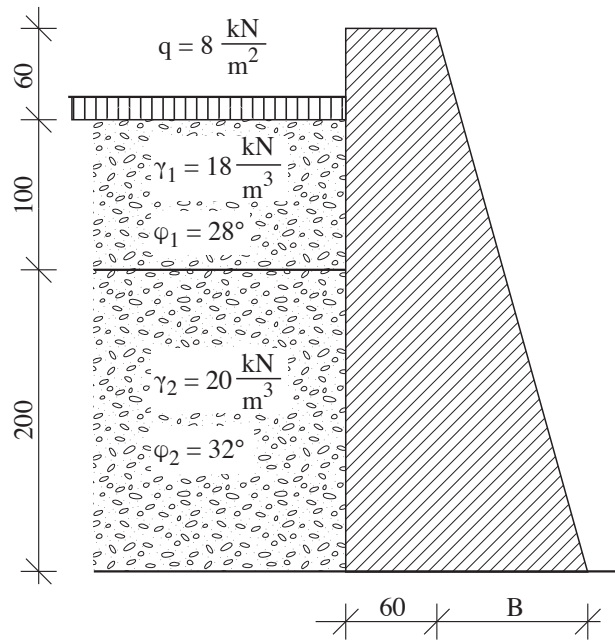
8 נק' ב. חשבו את מקדם הבטיחות של הקיר להחלקה.

8 נק' ג. חשבו את מקדם הבטיחות של הקיר להיפוך.

ענו על אחד הסעיפים – ד' או ה'.

10 נק' ד. חשבו את רוחב הרגל B הדרוש כדי להבטיח שמקדם הבטיחות של הקיר להחלקה יהיה $f_s = 1.5$.

10 נק' ה. חשבו את רוחב הרגל B הדרוש כדי להבטיח שמקדם הבטיחות של הקיר להיפוך יהיה $f_s = 2.5$.



חתך הקיר, ללא קנ"מ
איור לשאלה 1

פרק שני (66 נקודות)

ענו על שתיים מבין השאלות 2-4 (לכל שאלה – 33 נקודות).

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתונה תוכנית, ללא קנ"מ, של גלריה הבנויה מקונסטרוקציית פלדה.

מִדְרָךְ (רצפת) הגלריה עשוי פח מרוג הנשען על קורות פלדה.

יש לתכנן את הקונסטרוקציה בעזרת קורות ראשיות וקורות משניות, ולמקם שני עמודים.

נתונים:

המרחק המרבי בין הקורות המשניות: 60 cm

עומס התכן לתכנון הגלריה: 10 kN/m^2

המאמץ המותר בפלדה: 140 MPa

ענו על כל הסעיפים א'–ג'.

10 נק') א. סרטטו במחברת הבחינה את הפתרון ההנדסי היעיל ביותר עבור הגלריה. בפתרון עליכם לכלול את מיקום שני העמודים ואת מיקום הקורות הראשיות והמשניות.

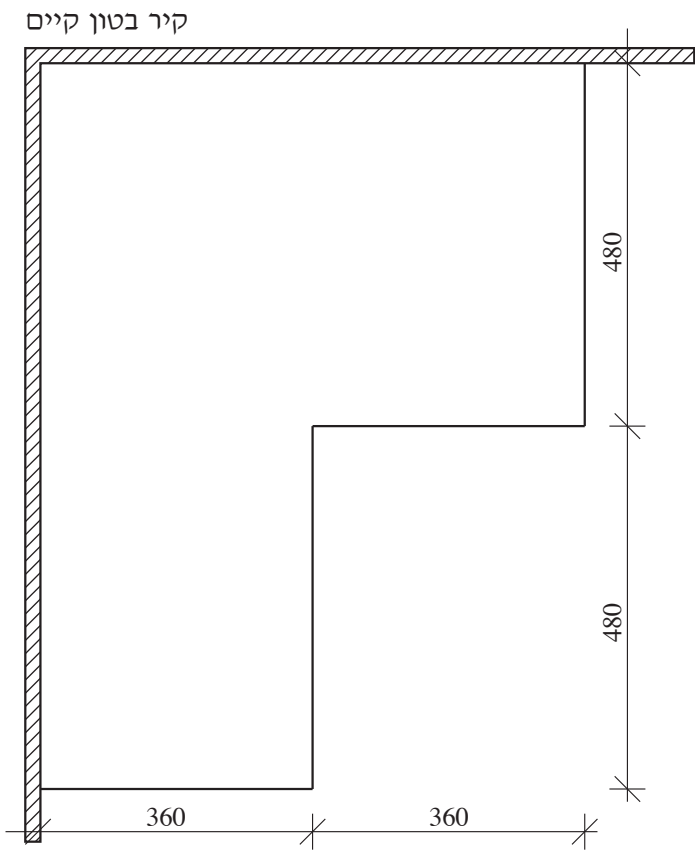
6 נק') ב. תכננו את הקורות המשניות של הגלריה עבור פרופיל INP, וציינו את גודל הפרופיל המתאים. בפתרון עליכם לכלול את הסכמות הסטטיות ואת העומסים על הקורות.

12 נק') ג. תכננו את הקורות הראשיות של הגלריה עבור פרופיל INP, וציינו את גודל הפרופיל המתאים. בפתרון עליכם לכלול את הסכמות הסטטיות ואת העומסים על הקורות.

ענו על אחד הסעיפים – ד' או ה'.

5 נק') ד. חשבו את העומסים שנושאים עמודי הגלריה, והסבירו בקצרה במה יש להתחשב בתכנון שלהם.

5 נק') ה. מאיזה פרופיל פלדה הכי יעיל לתכנן אלמנט לחוץ, ומדוע? הסבירו.



תוכנית גלריה, ללא קנ"מ

איור לשאלה 2

שאלה 3

באיור א' לשאלה 3 נתונה תוכנית, ללא קנ"מ, של מבנה קיים מבטון מזוין. התוכנית כוללת תוספת מתוכננת של מרפסת למבנה.

באיור ב' לשאלה 3 נתונים חתכים א'-א' ו-ב'-ב' מתוך אותה תוכנית. יש לתכנן את התוספת מבטון מזוין.

נתונים:

סוג הבטון:	ב-30 אגרגט גירי
העומס הקבוע הנוסף:	2.5 kN/m^2
העומס השימושי:	3.5 kN/m^2
המשקל המרחבי של הבטון המזוין:	25 kN/m^3

ענו על כל הסעיפים א'-ה'.

- 4 (נק') א. סרטטו במחברת הבחינה את הסכמות הסטטיות של התקרה ושל הקורות הנוספות עבור הפתרון ההנדסי הנתון באיורים לשאלה. בסכמות יש לכלול את שמות הסמכים והמיפתחים.
- 8 (נק') ב. חשבו את העובי הדרוש של פלטת המרפסת, לפי שיקולי כפף למצב גבולי של שירות, על-פי דרישות ת"י 466.
- 8 (נק') ג. חשבו את הגובה הדרוש של הקורות ההיקפיות ק1 ו-ק2 על-פי דרישות ת"י 466.
- 3 (נק') ד. סרטטו בנספח א' לשאלה סרטוט עקרוני (ללא קוטר ואורך) של צורת הזיון בתקרת המרפסת, לפי שיקולי כפף למצב גבולי של שירות, ובקורות ההיקפיות.

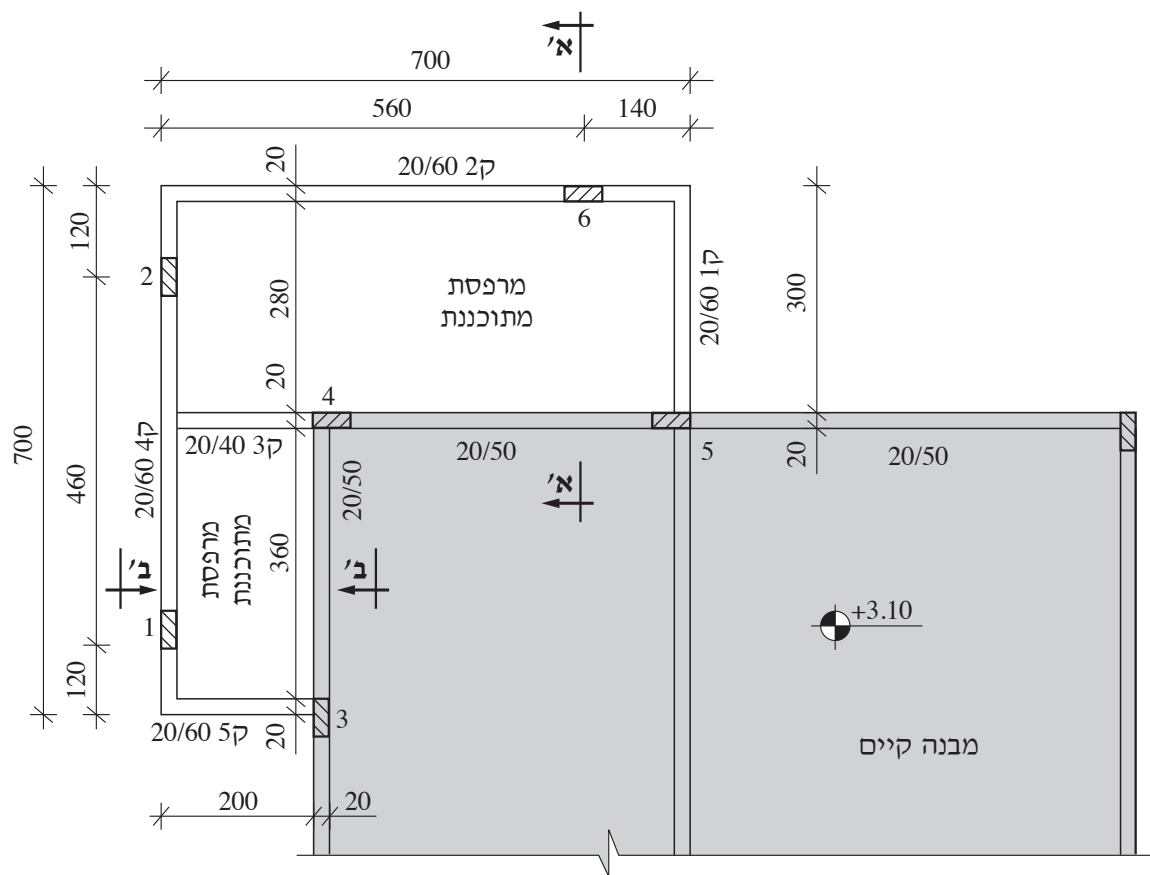
הדביקו את מדבקת הנבחן במקום המיועד לכך בנספח א', והדקו אותו למחברת.

- 7 (נק') ה. הציגו בנספח ב' לשאלה פתרון הנדסי חלופי (נוסף) עבור תוספת המרפסת מפלדה ללא עמודים. כתבו במחברת את הסכמות הסטטיות שלו ואת היתרונות והחסרונות שקיימים בפתרון שהצגתם.

הדביקו את מדבקת הנבחן במקום המיועד לכך בנספח ב', והדקו אותו למחברת.

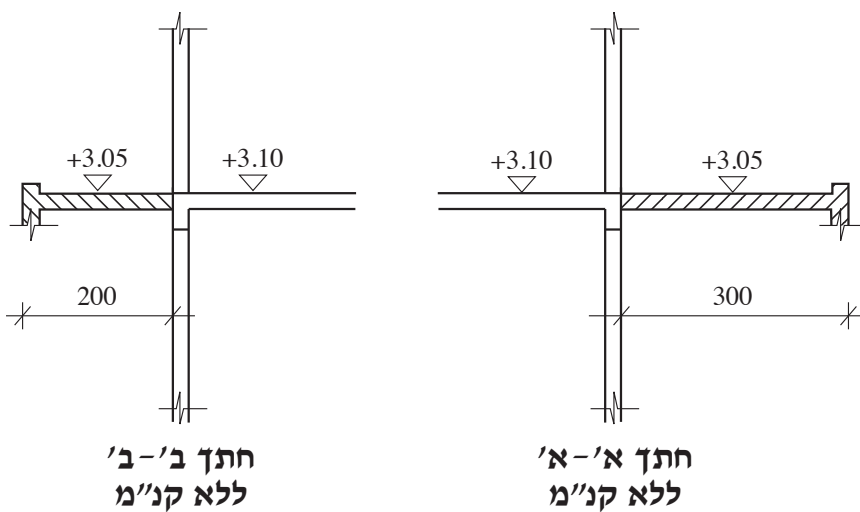
ענו על אחד הסעיפים – ו' או ז'.

- 3 (נק') ו. סרטטו במחברת הבחינה בקנ"מ 1:10 פרט חיבור עקרוני בין מרפסת הבטון למבנה הקיים.
- 3 (נק') ז. סרטטו במחברת הבחינה בקנ"מ 1:10 פרט חיבור עקרוני של קורת הפלדה למבנה הקיים.



תוכנית מבנה
ללא קנ"מ

איור א' לשאלה 3



חתך א'-א'
ללא קנ"מ

חתך ב'-ב'
ללא קנ"מ

איור ב' לשאלה 3

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מסורטטים חתך מדרגות ופרט מדרגות מבטון מזוין, ללא קנ"מ. יש לתכנן תוכנית מדרגות עבור כניסה של בניין משרדים על-פי כל נתוני השאלה.

מהלך המדרגות נשען משני צדדיו על קירות מבטון מזוין.

עובי הבטון של מהלך המדרגות ושל הפודסט הוא 22 ס"מ.

המדרך של מהלך המדרגות והפודסט מחופים בשיש שמשקלו 0.8 kN/m^2 .

משקל קבוע נוסף הוא 0.2 kN/m^2 לכל 1 ס"מ עובי.

נתונים נוספים:

סוג הבטון: ב-30 אגרגט גירי

רוחב המדרגות: 160 cm

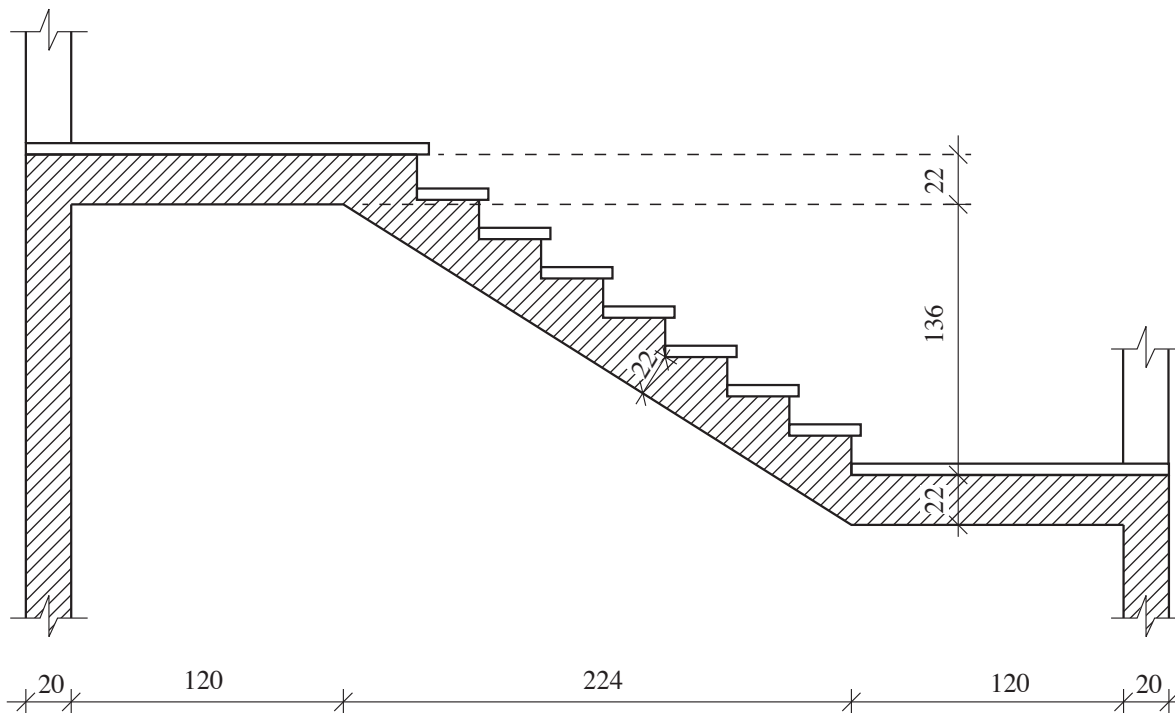
העומס השימושי על המדרגות: 4 kN/m^2

ענו על כל הסעיפים א'–ד'.

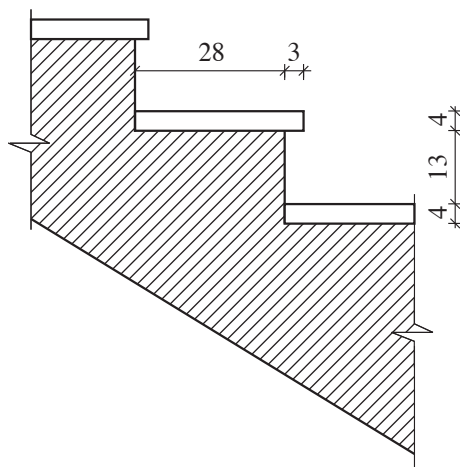
- 7 נק' א. חשבו את המשקל העצמי של הפודסט ושל המדרגות. הזניחו את משקל שינני הבטון.
- 7 נק' ב. סרטטו במחברת הבחינה את הסכמה הסטטית (האופקית, השקילה) של המדרגות, כולל עומסי השירות.
- 7 נק' ג. בהנחה שקיים על כל מהלך המדרגות **עומס שירות מפורס אחיד** שערכו 11 kN/m^2 : בדקו אם עובי הבטון של מהלך המדרגות – 22 ס"מ – עונה על דרישות התקן.
- 4 נק' ד. האדריכל מבקש להקטין את עובי הבטון של מהלך המדרגות ושל הפודסט ל-20 ס"מ. האם תאשרו את בקשתו? נמקו את התשובה. הניחו שהעומס הנתון בסעיף ג' **לא** משתנה עקב הקטנת העובי.

ענו על אחד הסעיפים – ה' או ו'.

- 8 נק' ה. בהנחה ש**עומס התכנן** על כל מהלך המדרגות הוא מפורס, אחיד ושווה ל- 18 kN/m^2 : חשבו את המומנט המרבי (המקסימלי) לאורך מהלך המדרגות, והסבירו בקצרה מה המענה ההנדסי לאותו המומנט.
- 8 נק' ו. סרטטו במחברת הבחינה סרטוט עקרוני של סידור הזיון בתוך מהלך המדרגות, וציינו שם לכל ברזל.



חתך מדרגות, ללא קנ"מ



פרט מדרגות, ללא קנ"מ

איור לשאלה 4

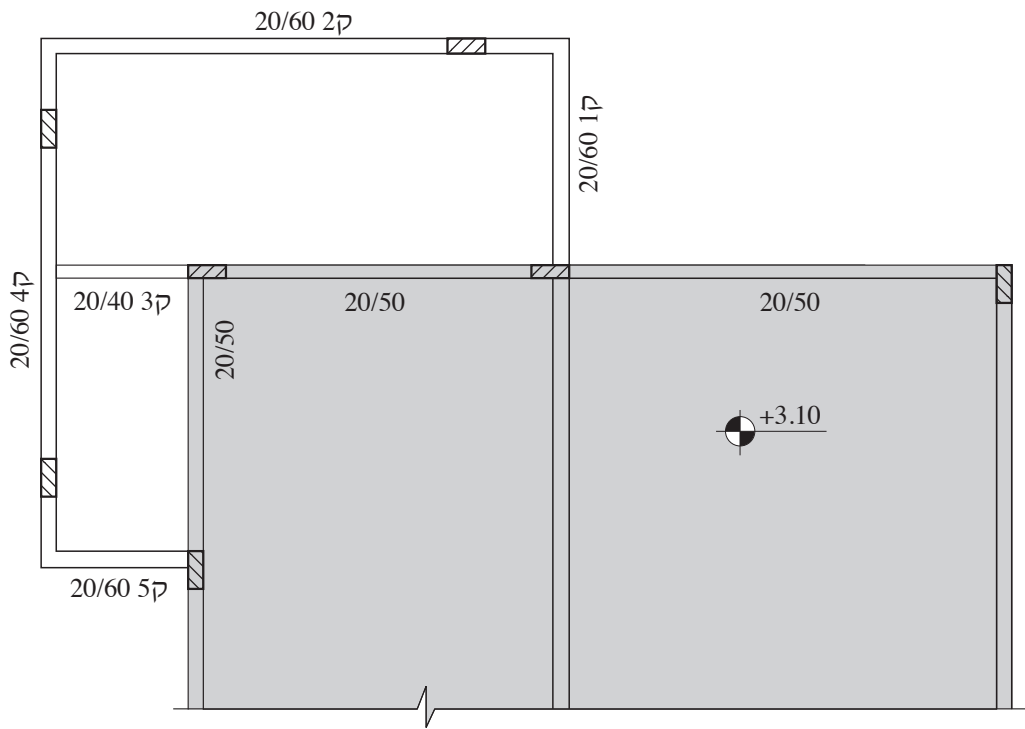
בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

מקום למזכרת נבחן

נספח א', לשאלה 3 סעיף ד'

לשאלון 712937, אביב תשפ"ב

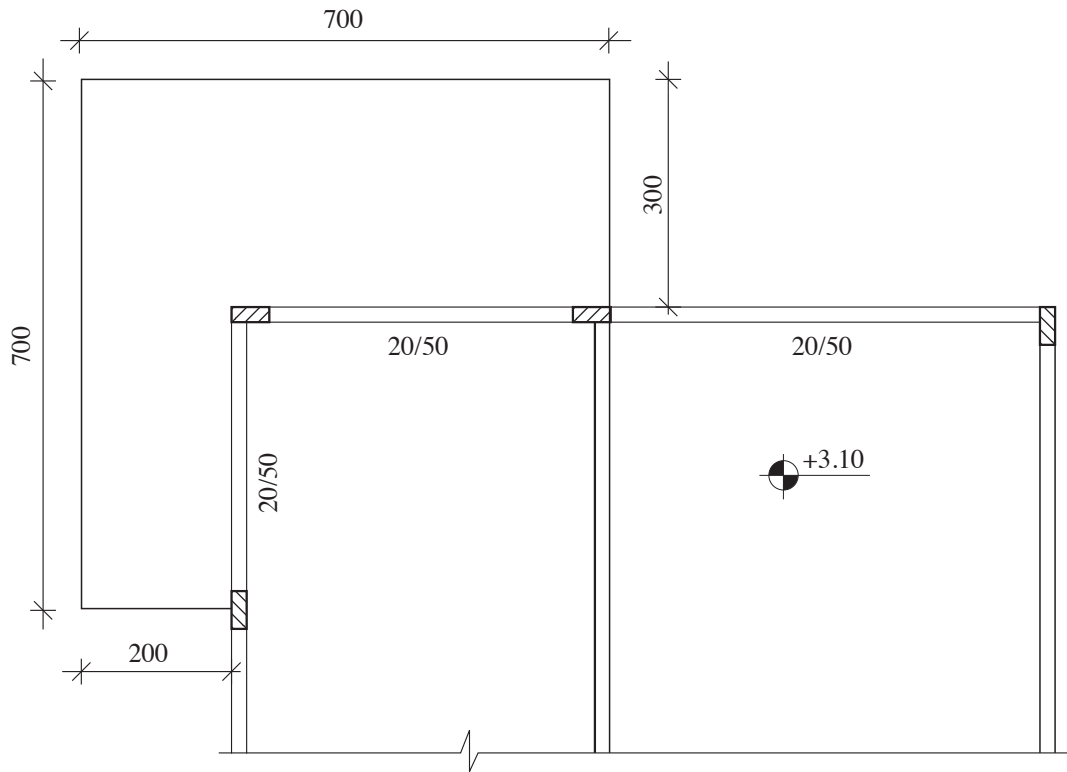


תוכנית
ללא קנ"מ

מקום למזכרת נבחן

נספח ב', לשאלה 3 סעיף ה'

לשאלון 712937, אביב תשפ"ב



תוכנית
ללא קנ"מ

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
calcite aggregate	меловой агрегат	صرار / اركام طباشيري	אגרגט גירי
buckling length	длина продольного изгиба	الطول لحساب الانهيار	אורך קריסה
stability	устойчивость	ثبات	יציבות
shear force	поперечная (перерезывающая) сила	قوة القص	כוח גזירה
distributed force	равномерно распределенная нагрузка	قوة موزعة	כוח מפורס
concentrated force	сосредоточенная нагрузка	قوة مركزة	כוח מרוכז
axial force	продольная нагрузка	قوة محورية	כוח צירי
reaction force	(ответная) реакция	رد فعل / قوة دافعة	כוח תגובה
design axial force	расчетная продольная нагрузка	قوة محورية للتخطيط	כוח תכן צירי
deflection	прогиб	ثني / تقوُّس	כפף
compression	сжатие	ضغط	לחיצה
diagram	эпюры	مُجَرِّيات / مخططات	מהלכים
moment of inertia	момент инерции	عزم الاستمرارية	מומנט התמד
bending moment	изгибающий момент	عزم الثني	מומנט כפיפה
truss	ферма	تشكيلة من المواسير الفولاذية (جائز شبكي)	מסבך
center of gravity	центр тяжести	مركز ثقل	מרכז כובד
bulk weight	объемный вес	وزن وحدة الحجم	משקל מרחבי
self weight	собственный вес	وزن ذاتي	משקל עצמי
tension	растяжение	شد	מתיחה
mobile support	подвижная опора	مُسند متحرك	סמך נייד
fixed support	неподвижная опора	مُسند ثابت	סמך קבוע
fixed load	постоянная нагрузка	وزن ثابت	עומס קבוע

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
operational load	временная (полезная нагрузка)	وزن مُتَغَيِّر	עומס שימושי
ribbed reinforced bars	профилированная арматура	حديد مُضَلَّع	פלדה מצולעת
beam	балка	عَرَقَة / جِسْر	קורה
latent beam	скрытая балка (в толщине перекрытия)	عَرَقَة / جِسْر مَخْفِي	קורה סמויה
welding	сварка	لِحَام	ריתוך
slenderness ratio	высокий элемент малого поперечного сечения	نُحُول	תמירות