

תכנון הנדסי

הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. יש לענות על ארבע מביניהן. לכל שאלה 25 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

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

2. סרגל קנ"מ

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

ד. הוראות מיוחדות:

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

2. את התרשימים (הסקיצות) יש לסרטט במחברת הבחינה בלבד, 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 ראיות 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 ד' 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', ב' ו-ג',
וצירפו אותם למחברת הבחינה.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

כתבו "טייטה" בראש כל עמוד טיוטה. כתיבת טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 12 עמודים ו-4 עמודי נספחים.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים,

אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

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: $\sigma_y = 140 \text{ MPa}$

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

השאלות

ענו על ארבע מבין השאלות 1-5 (לכל שאלה 25 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מסורטט, ללא קנ"מ, תרשים עקרוני של קיר תומך עם רגל מבטון מזוין. בפתרון השאלה יש להתחשב בלחץ הפסיבי של הקרקע.

נתונים:

על הקרקע הנתמכת פועל עומס מפורס קבוע של: $q = 10 \text{ kN/m}^2$

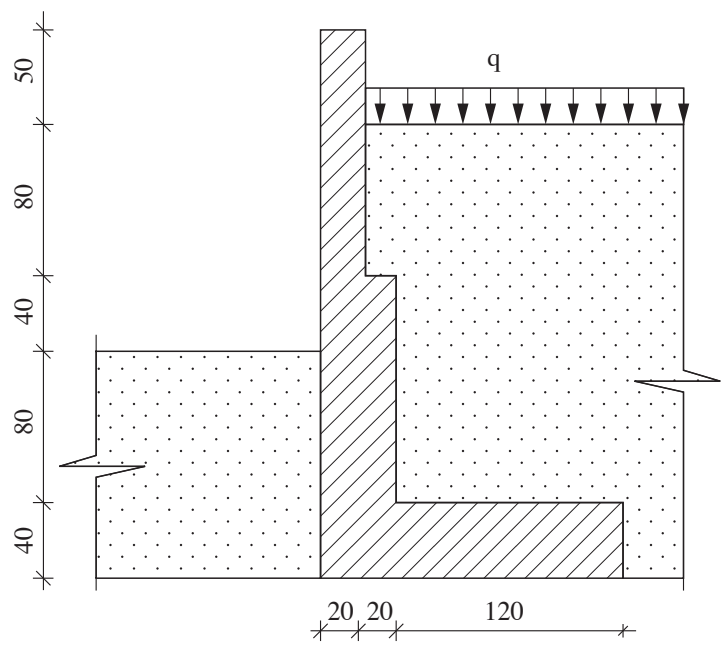
המשקל המרחבי של הבטון: $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

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

זווית החיכוך של הקרקע: $\varphi = 24^\circ$

מקדם החיכוך של הבטון עם הקרקע: $\mu = 0.45$

- 9 נק' א. חשבו את פירוס המאמצים על הקיר וסרטטו אותם.
- 5 נק' ב. חשבו את מקדם הביטחון של הקיר להחלקה.
- 5 נק' ג. חשבו את מקדם הביטחון של הקיר להיפוך.
- 6 נק' ד. חשבו את העומס השימושי המרבי המותר, q , על הקרקע הנתמכת, כך שמקדם הביטחון להחלקה לא יעלה על 1.5.



קיר תומך עם רגל מבטון מזוין, ללא קנ"מ

איור לשאלה 1

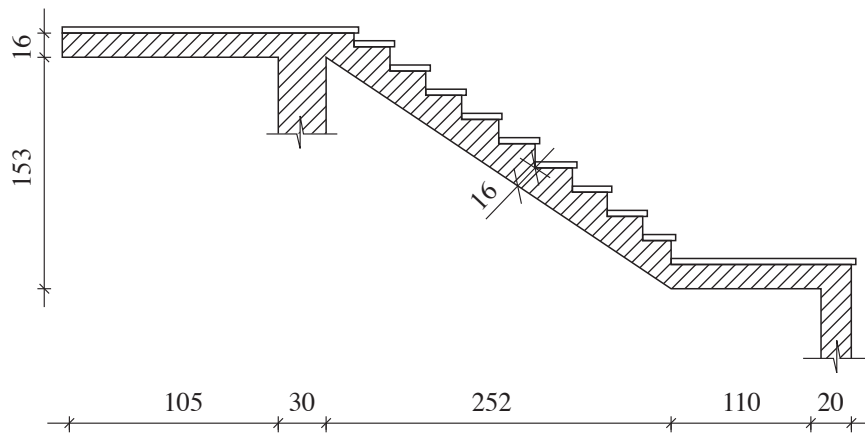
שאלה 2 (25 נקודות)

באיור לשאלה 2 מסורטים, ללא קנ"מ, חתך של מדרגות כניסה לבניין מגורים ופרט מדרגות. מהלך המדרגות נשען משני צידיו על קורות מבטון מזוין.

נתונים:

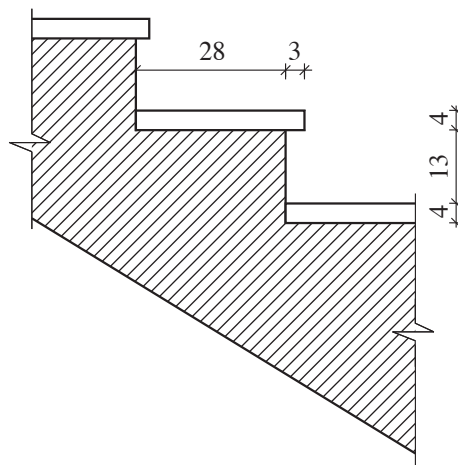
עובי הבטון של מהלך המדרגות והפודסטים:	16 cm
המדרך המתוכנן על מהלך המדרגות והפודסט:	לוחות שיש
משקל השיש:	0.25 kN/m^2 לכל 1 ס"מ עובי
סוג הבטון:	ב-30, אגרגט גירי
רוחב המדרגות:	130 cm
העומס השימושי על המדרגות:	3.5 kN/m^2

- א. (6 נק') חשבו את המשקל העצמי של הפודסט והמדרגות. הזניחו את משקל שינני הבטון.
- ב. (7 נק') סרטטו את הסכמה הסטטית (האופקית, השקילה) של המדרגות, כולל עומסי השירות.
- ג. (8 נק') חשבו ובדקו אם עובי מהלך המדרגות – 16 ס"מ – תקין על פי שיקולי הכפף של ת"י 466.
- ד. (4 נק') סרטטו סרטוט עקרוני של סידור הזיון בתוך מהלך המדרגות, וציינו שם לכל ברזל.



חתך של מדרגות כניסה לבניין, ללא קנ"מ

איור א' לשאלה 2



פרט מדרגות, ללא קנ"מ

איור ב' לשאלה 2

שאלה 3 (25 נקודות)

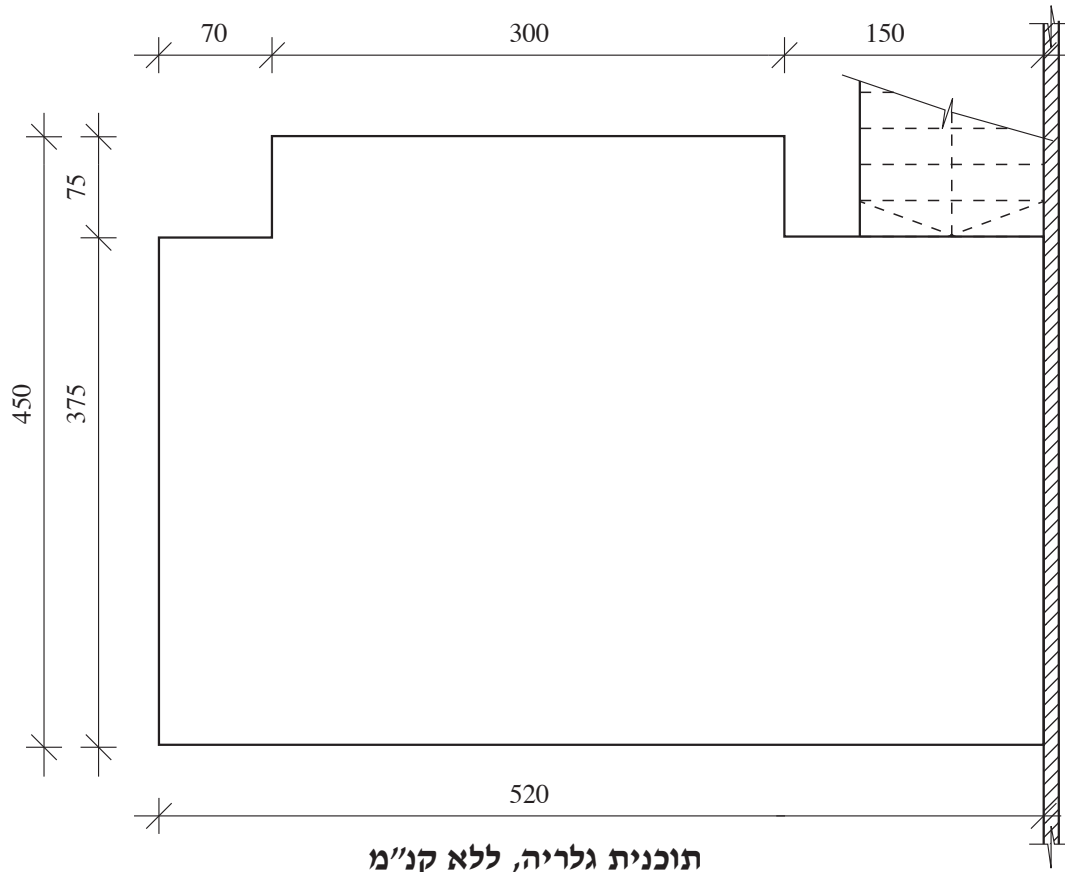
באיור לשאלה 3 מסורטטת, ללא קנ"מ, תוכנית של גלריה העשויה מקונסטרוקציית פלדה. מדרך (רצפת) הגלריה עשוי לוחות עץ הנשענים על קורות פלדה. עליכם לתכנן את הקונסטרוקציה בעזרת קורות ראשיות וקורות משניות, ולמקם שני עמודים.

נתונים:

המרחק המרבי בין הקורות המשניות: 75 cm
עומס התכן, כולל המשקל העצמי של הגלריה והעומס השימושי: 8.6 kN/m^2

- א. (8 נק') סרטטו על-גבי נספח א' את הפתרון ההנדסי היעיל ביותר עבור הגלריה. בפתרון עליכם לכלול את מיקום העמודים ואת מיקום הקורות הראשיות והמשניות.
- ב. (8 נק') סרטטו במחברת סכמה סטטית של הקורות. הסכמה תכלול את שם הקורה, שמות הסמכים, המידות ועומסי השירות.
- ג. (6 נק') תכננו את הקורות המשניות בגלריה מפרופיל UPN, וציינו את הפרופיל המתאים. הוכיחו באמצעות חישוב כי המאמץ בקורות עומד בדרישות החוזק המותר בפלדה.
- ד. (3 נק') לאיזה פרופיל פלדה תסבולת גדולה יותר לכפיפה – INP100, IPE100 או UPB100? נמקו את התשובה.

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



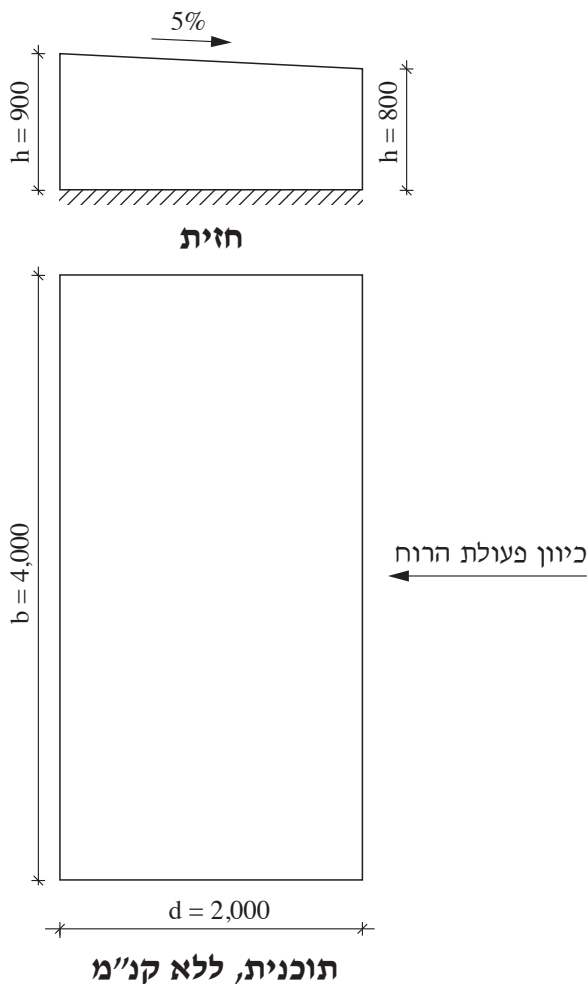
איור לשאלה 3

שאלה 4 (25 נקודות)

באיור לשאלה 4 מסורטים, ללא קנ"מ, תוכנית וחזית של מבנה מלבני חד-קומתי. גג המבנה הוא חד-שיפועי. המבנה ממוקם באזור עירוני.

דרגת חספוס השטח: III

מהירות הייחוס הסביבתית של הרוח: $V_b = 30 \text{ m/sec}$



איור לשאלה 4

- (7 נק')** א. חשבו את לחץ הייחוס הבסיסי, q_b , של הרוח.
- (6 נק')** ב. מצאו מהתקן את מקדם החשיפה, C_e , עבור המבנה.
- (6 נק')** ג. חשבו את לחצי הרוח על הקירות:
1. חלקו את קירות המבנה לאזורים. (2 נק')
 2. קבעו את מקדם הלחץ החיצוני, C_{pe} , על הקירות בכל אזור. (2 נק')
 3. חשבו את לחצי הרוח הפועלים על כל אחד מהאזורים שעל קירות המבנה. (1 נק')
 4. סרטטו את תוכנית המבנה, וסמנו את פירוס הלחצים הפועלים על הקירות. (1 נק')
- (6 נק')** ד. חשבו את לחצי הרוח על הגג:
1. חלקו את גג המבנה לאזורים. (2 נק')
 2. קבעו את מקדם הלחץ החיצוני, C_{pe} , על הגג בכל אזור. (2 נק')
 3. חשבו את לחצי הרוח הפועלים על כל אחד מהאזורים שעל גג המבנה. (1 נק')
 4. רכזו את תוצאות החישוב בטבלה. (1 נק')

שאלה 5 (25 נקודות)

בנספח ב' מסורטטת, ללא קנ"מ, תוכנית של קומת קרקע של מבנה דו־קומתי.
בנספח ג' מסורטטת, ללא קנ"מ, תוכנית של התקרה של קומת קרקע.
הקירות והמחיצות בנויים מבלוקים.
המידות של חתך העמודים המתוכננים הן 20/40 ס"מ.
אפשר למקם את העמודים בקירות החיצוניים ובתוך שטח הדירה, בתחום המחיצות.
מאחר שרוחב העמודים גדול מעובי המחיצות, העמודים יבלטו מהמחיצות.
מיקום העמודים ייקבע כך שהפגיעה בתכנון האדריכלי תהיה מזערית.
לאחר שייקבע מיקום העמודים, יש לתכנן את התקרה של קומת הקרקע.

שימו לב:

- יש לתכנן גם את הגגון בצד המערבי של המבנה, הנמצא במפלס של תקרת קומת הקרקע.
- אין להוריד קורות תחתונות בתחום המבנה, אך ניתן לתכנן קורות תחתונות בתחום קירות חוץ. יש להתחשב בנתון זה כאשר קובעים את סוג התקרה.

נתונים נוספים:

1.5 kN/m ²	עומס שימושי:
3.0 kN/m ²	עומס קבוע נוסף:
ב-30, אגרגט גירי	סוג הבטון:
25 kN/m ³	המשקל המרחבי של הבטון המזוין:
6 kN/m ³	המשקל המרחבי של בלוקי איטונג:

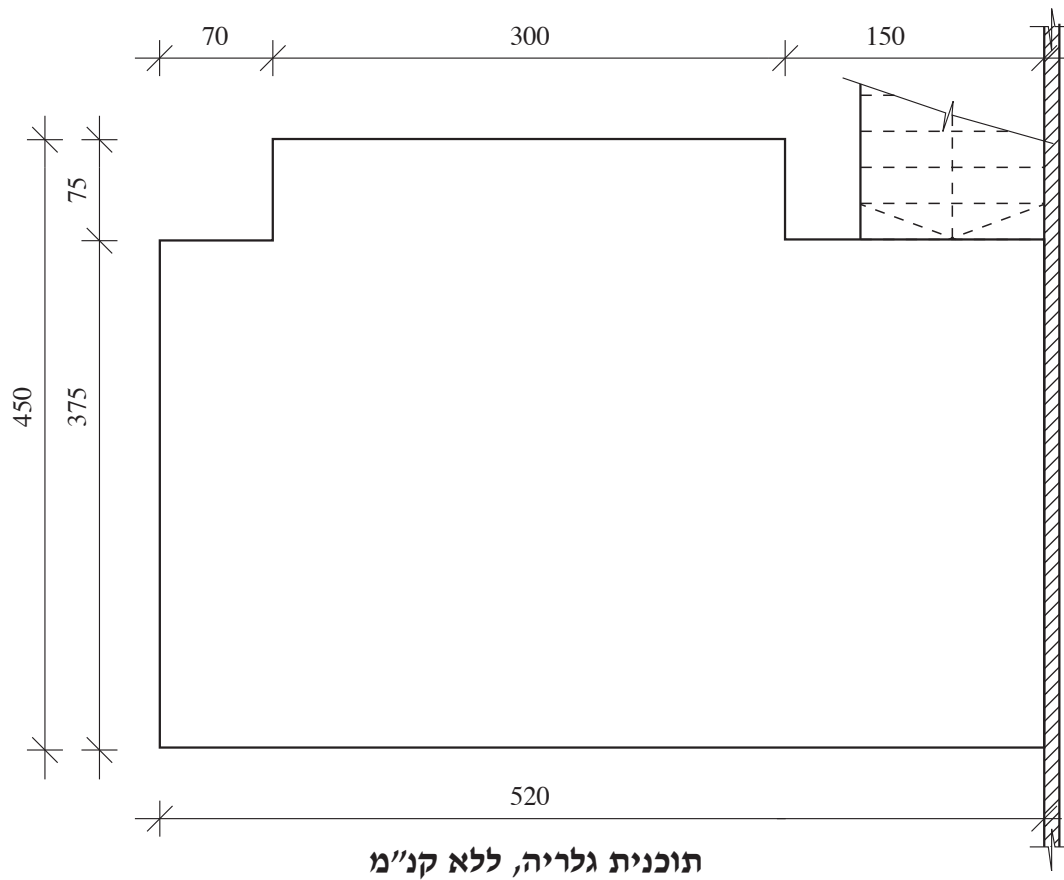
- 6 נק') א. סמנו על־גבי נספח ב' את מיקום העמודים בקירות החיצוניים ובתוך שטח המבנה.
- 6 נק') ב. העתיקו לנספח ג' את העמודים שסימנתם בנספח ב' וסרטטו במחברת סכמה סטטית של התקרה. הסכמה תכלול את מיקום הקורות ואת הכיוון של השענת התקרה.
- 3 נק') ג. קבעו את סוג התקרה המתאים ביותר לפתרון הסכמה, ונמקו את קביעתכם.
- 10 נק') ד. סרטטו במחברת הבחינה סכמות סטטיות של התקרה והקורות. חשבו לפי סכמות אלו את עובי התקרה ואת ממדי הקורות הפנימיות (לפי המפתח המקסימלי) שאינן בהיקף המבנה, על־פי שיקולי כפף של ת"י 466. כתבו על־גבי נספח ג' את ממדי הקורות.

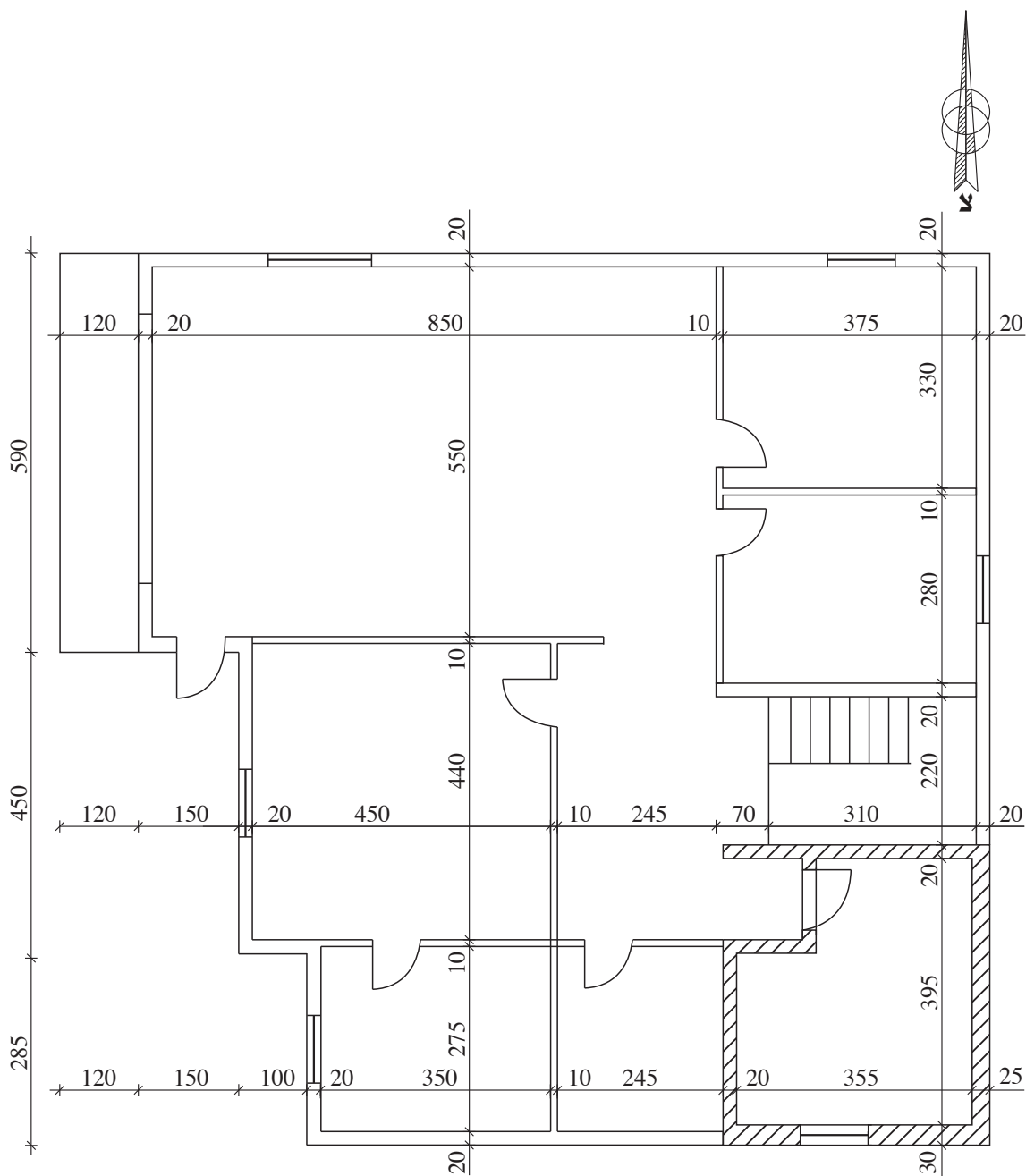
הדביקו את מדבקות הנבחן שלכם במקומות המיועדים לכך בנספח ב' ובנספח ג', והדקו אותם למחברת.

בהצלחה!

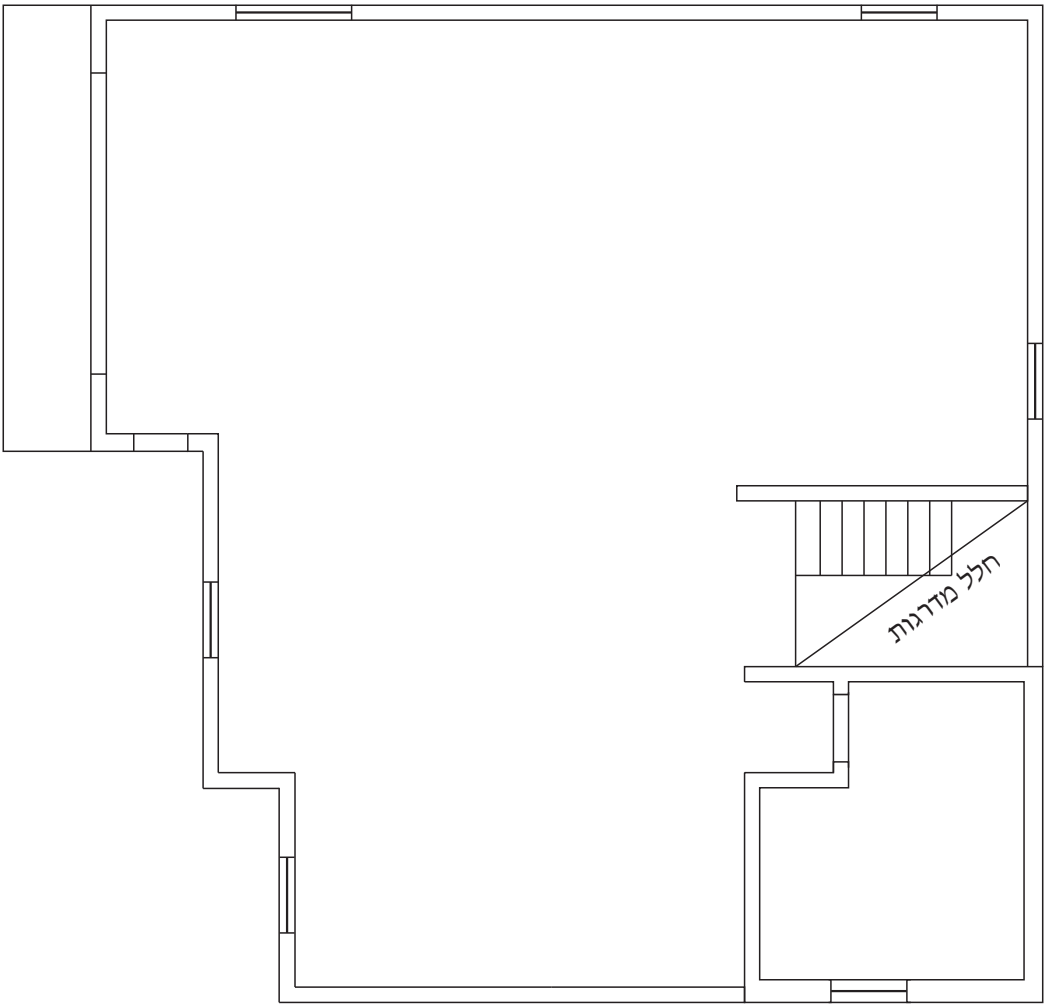
נספח א' לשאלה 3 – סעיף א'
לשאלון 712937, אביב תשפ"ג

מקום מדידה נכון





תוכנית, של קומת קרקע של מבנה דו-קומתי, ללא קנ"מ



תוכנית התקרה, ללא קנ"מ

נספח ד': מילון מונחים
לשאלון 712937, אביב תשפ"ג

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
אגרגט גירי	صرار / ركام طباشيري	меловой агрегат	calcite aggregate
אורך קריסה	الطول لحساب الانهيار	длина продольного изгиба	buckling length
יציבות	ثبات	устойчивость	stability
כוח גזירה	قوة القص	поперечная (перерезывающая) сила	shear force
כוח מפורס	قوة موزعة	равномерно распределенная нагрузка	distributed force
כוח מרוכז	قوة مركزة	сосредоточенная нагрузка	concentrated force
כוח צירי	قوة محورية	продольная нагрузка	axial force
כוח תגובה	رد فعل / قوة دافعة	(ответная) реакция	reaction force
כוח תכן צירי	قوة محورية للتخطيط	расчетная продольная нагрузка	design axial force
כפף	ثني / تقوُّس	прогиб	deflection
לחיצה	ضغط	сжатие	compression
מהלכים	مُجَرِّيات / مُخَطَّطات	эпюры	diagram
מומנט התמד	عزم الاستمرارية	момент инерции	moment of inertia
מומנט כפיפה	عزم الثني	изгибающий момент	bending moment
מסבך	تشكيلة من المواسير الفولاذية (جائز شبكي)	ферма	truss
מרכז כובד	مركز ثقل	центр тяжести	center of gravity
משקל מרחבי	وزن وحدة الحجم	объемный вес	bulk weight
משקל עצמי	وزن ذاتي	собственный вес	self weight
מתיחה	شد	растяжение	tension
סמך נייד	مُسند مُتَحَرِّك	подвижная опора	mobile support
סמך קבוע	مُسند ثابت	неподвижная опора	fixed support
עומס קבוע	وزن ثابت	постоянная нагрузка	fixed load
עומס שימושי	وزن مُتَغَيِّر	временная (полезная нагрузка)	operational load
פלדה מצולעת	حديد مُضَلَّع	профилированная арматура	ribbed reinforced bars
קורה	عَرَقَة / جِسْر	балка	beam
קורה סמויה	عَرَقَة / جِسْر مَخْفِي	скрытая балка (в толщине перекрытия)	latent beam
ריתוך	لِحَام	сварка	welding
תמירות	نُحُول	высокий элемент малого поперечного сечения	slenderness ratio