

תכנון הנדסי

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלוש שאלות, ועליך לענות על כולן.
ערך שאלה 1 – 34 נקודות, וערך שאלות 2 ו-3 – 33 נקודות כל אחת. בסך הכול 100 נקודות. בתוך כל שאלה ניתנת אפשרות בחירה כלשהי. שים לב להוראות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: קלסר אחד, חוברת, טבלאות, כלי סרטוט, סרגל קנ"מ ומחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

1. עיין היטב בכל השאלות, לפני שתתחיל 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.

ת"י 413 : תכן עמידות מבנים ברעידת אדמה, גיליון תיקונים ספטמבר 2009.

4. אם לדעתך חסר נתון בשאלה, השלם אותו על-פי ראיות עיניך, ופתור בעזרתו את השאלה. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.

5. בתשובה על שאלת חישוב, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסביר בקצרה. כל תוצאת חישוב יש להציג ביחידות המידה המתאימות בהתאם לבחירתך בתחילת הבחינה (עמוד 3). קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

6. יש להוסיף בכל שלב של הפתרון את היחידות שבהן השתמשת.

7. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 9 עמודים ו-2 עמודי נספח.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,
אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

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. ליד כל נתון מפורטות בסוגריים גם היחידות הישנות.

הנחיות לשימוש ביחידות

1. רשום בעמוד הראשון של הבחינה:

"אני משתמש ביחידות החדשות"

או

"אני משתמש ביחידות הישנות"

2. השימוש בשיטת היחידות (החדשות או הישנות) **חייב להיות עקיב לאורך כל הבחינה**.

עליך להשתמש באותו סוג של יחידות בפתרון כל השאלות.

3. אם לא ציינת באיזו מהשיטות השתמשת, ייחשב הדבר בעת בדיקת הבחינה כאילו השתמשת ביחידות החדשות.

יחידות חדשות לעומת יחידות ישנות

הערות:

1. **המידות באיורים הן בס"מ, אלא אם מצוין אחרת.**

2. נתונים כלליים **לפלדות**:

מאמץ מותר לכפיפה, ללחיצה ולמתיחה: $\sigma_m = 140 \text{ MPa} (1400 \text{ kg/cm}^2)$

מודול האלסטיות: $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa} (2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2)$

הקשר בין היחידות החדשות לישנות	היחידות הישנות	היחידות החדשות	הגדרת היחידה
$1 \text{ t} = 10 \text{ kN}$	$t = \text{טון}$	$\text{kN} = \text{קילו ניוטון}$	כוח מרוכז
$1 \text{ t/m} = 10 \text{ kN/m}$	$t/m = \text{טון/מטר}$	$\text{kN/m} = \text{קילו ניוטון/מטר}$	כוח מפורס ליחידת אורך
$1 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kN/m}^2$	$t/m^2 = \text{טון/מ"ר}$	$\text{kN/m}^2 = \text{קילו ניוטון/מ"ר}$	כוח מפורס ליחידת שטח
$1 \text{ t} \times \text{m} = 10 \text{ kN} \times \text{m}$	$t \times \text{m} = \text{טון} \times \text{מטר}$	$\text{kN} \times \text{m} = \text{קילו ניוטון} \times \text{מטר}$	מומנט
$1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ MPa}$	$\text{kg/cm}^2 = \text{ק"ג/סמ"ר}$	$\text{MPa} = \text{מגה פסקל}$	מאמץ

השאלות

ענה על כל השאלות 1–3 במחברת הבחינה שלך, כולל סרטוטים.

שאלה 1 – מדרגות (34 נקודות)

בשאלה זו שבעה סעיפים (א'–ז'). עליך לענות על סעיפים א'–ה' ועל סעיף אחד נוסף מבין הסעיפים ו'–ז', לפי בחירתך.

באיור לשאלה 1 מסורטטים חתך מדרגות כללי ופרט מדרגות, ללא קנ"מ. בהסתמך על הנתונים, יש לתכנן מהלך מדרגות בבניין משרדים. מהלך זה נשען משני צדיו על קירות מבטון מזוין. עובי הבטון של מהלך המדרגות הוא 20 ס"מ.

נתונים:

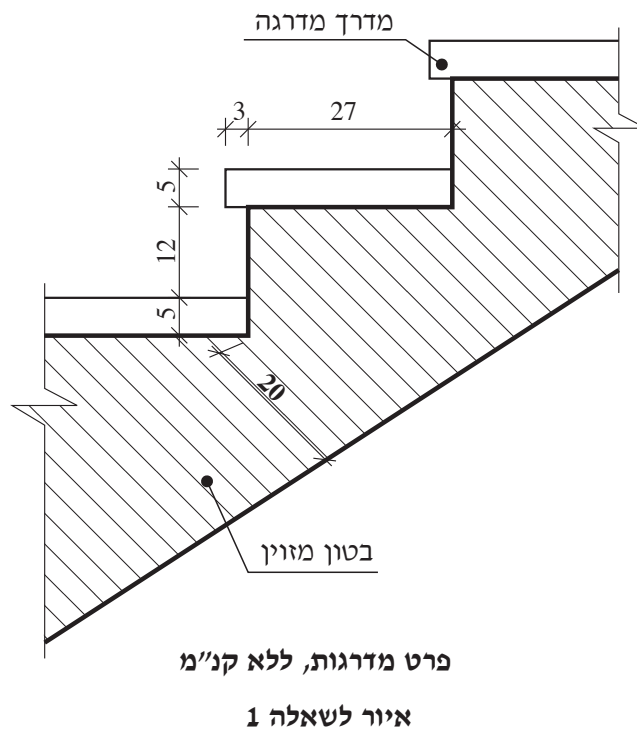
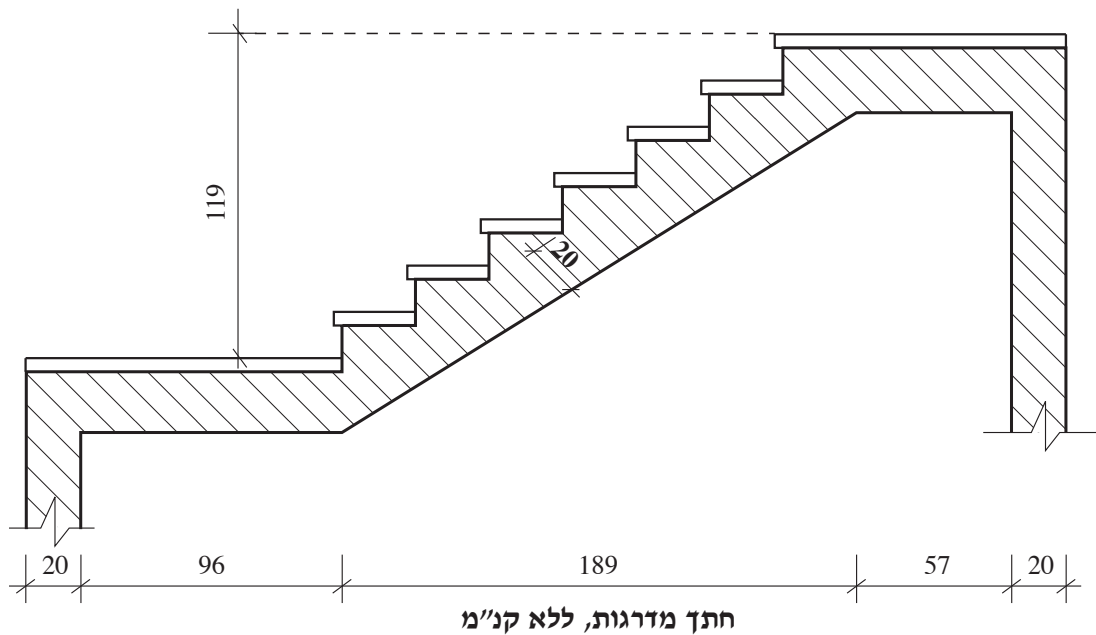
- סוג הבטון: ב-30 אגרגט גירי
- רוחב מדרגה: 120 cm
- העומס השימושי על המדרגות: 5 kN/m^2 (0.5 t/m^2)
- העומס הקבוע הנוסף על המדרגות והפודסטים: $\Delta g = 3 \text{ kN/m}^2$ (0.3 t/m^2)

ענה על כל הסעיפים א'–ה' – סעיפי חובה.

- 6 נק' א. חשב את המשקל העצמי של הפודסט ושל המדרגות למטר אורך (עבור המדרגות יש לחשב את משקל הבטון ואת משקל המשולשים – רום ושלח).
- 6 נק' ב. חשב את עומסי התכן ($F_{d_{\max}}$) על הפודסט ועל המדרגות.
- 6 נק' ג. סרטט את הסכמה הסטטית של המדרגות, כולל עומסי התכן שחישבת בסעיף ב'.
- 6 נק' ד. חשב והצג את הערכים של כוחות הגזירה לאורך מהלך המדרגות (3 נק'), וסרטט את מהלכיהם (3 נק').
- 6 נק' ה. חשב והצג את הערכים של המומנטים לאורך מהלך המדרגות (3 נק'), וסרטט את מהלכיהם (3 נק').

ענה על אחד הסעיפים – ו' או ז'.

- 4 נק' ו. אדם שמשקלו 70 ק"ג עולה במדרגות. מה המיקום של האדם, על המדרגות או על הפודסטים, שגורם להתפתחות כוח גזירה מקסימלי?
- 4 נק' ז. סרטט באופן עקרוני את הזיון לאורך המדרגות.



את התרשימים (הסקיצות), החישובים והתשובות יש לסרטט ולכתוב במחברת הבחינה בלבד.

שאלה 2 (33 נקודות)

באיור לשאלה 2 מתוארת מרפסת מבטון מזוין עם תוספת של שני עמודי תמיכה שאינם ממוקמים בפינותיה, וחתך א'-א', ללא קנ"מ.

נתונים:

- סוג הבטון: ב-30 עם אגרנט גירי
- העומס הקבוע הנוסף: $3 \text{ kN/m}^2 (0.3 \text{ t/m}^2)$
- העומס השימושי: $3.5 \text{ kN/m}^2 (0.35 \text{ t/m}^2)$
- המשקל המרחבי של הבטון המזוין: $25 \text{ kN/m}^3 (2.5 \text{ t/m}^3)$

ענה על כל הסעיפים א'-ה' – סעיפי חובה.

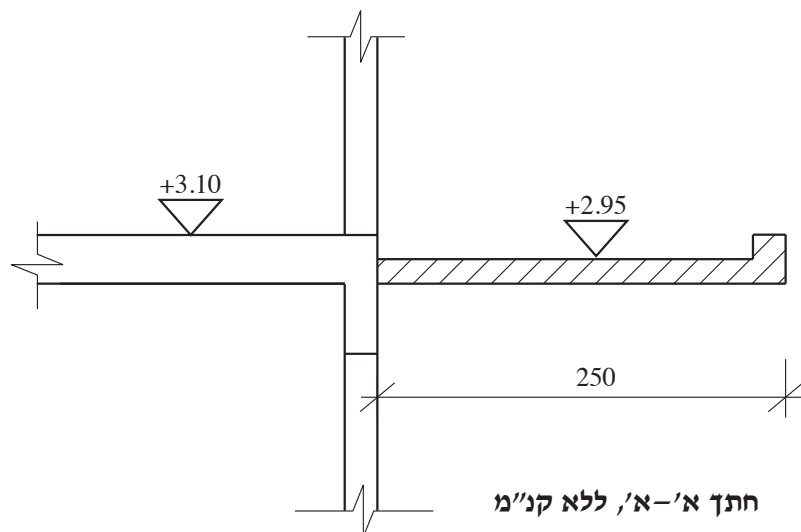
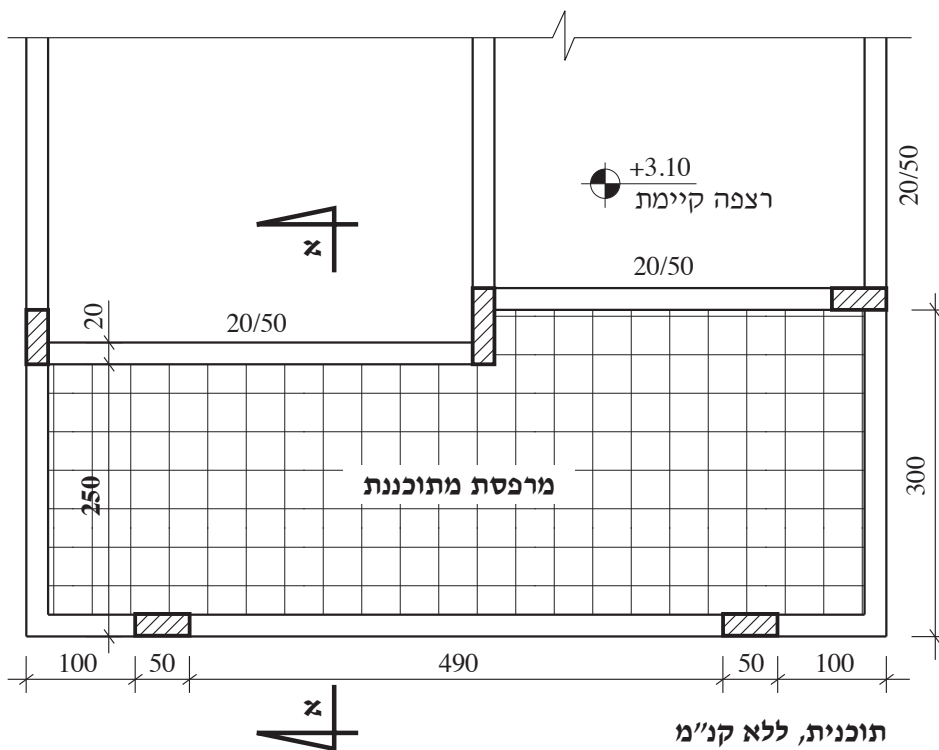
4 נק') א. הצע פתרון קונסטרוקטיבי אחר (ללא תוספת עמודים) עבור תוספת של מרפסת למבנה קיים. מהם השיקולים הקונסטרוקטיביים שיש להביא בחשבון בתכנון של תוספת מרפסת מסוג זה למבנה קיים? הסבר את תשובתך.

הערה: הסעיפים הבאים מתייחסים לפתרון שהצגת בסעיף א'.

- 8 נק') ב. חשב, על-פי שיקולי כפף למצב גבולי של שירות, את העובי הנדרש של פלטת המרפסת על-פי ת"י 466 .
- 11 נק') ג. חשב את הגובה הנדרש של הקורות ההיקפיות על-פי ת"י 466 .
- 4 נק') ד. הצג תרשים עקרוני של פרט חיבור בין המרפסת ובין הבניין הקיים, בקנ"מ 1:10 .

ענה על אחד הסעיפים – ה' או ו'.

- 6 נק') ה. סרטט באופן עקרוני (ללא קוטר ואורך) את צורת הזיון בפלטת המרפסת.
- 6 נק') ו. סרטט באופן עקרוני (ללא קוטר ואורך) את צורת הזיון בקורות ההיקפיות.



איור לשאלה 2

את התרשימים (הסקיצות), החישובים והתשובות יש לסרטט ולכתוב במחברת הבחינה בלבד.

שאלה 3 – עומס רוח (33 נקודות)

באיור לשאלה 3 נתון תרשים סכמתי של מבנה חד-קומתי מלבני, ללא קנ"מ. המבנה ממוקם באזור עירוני, והגג שלו הוא חד-שיפועי.

– דרגת חספוס השטח: III

– מהירות הייחוס הסביבתית של הרוח: $v_b = 33 \text{ m/sec}$

ענה על שני הסעיפים א'–ב' – סעיפי חובה.

(9 נק') א. חשב את לחץ הייחוס הבסיסי (q_b) של הרוח.

(7 נק') ב. מצא מתוך התקן את מקדם החשיפה (C_e) עבור המבנה.

ענה על אחד הסעיפים – ג' או ד':

(17 נק') ג. חישוב לחצי הרוח על הקירות:

(4 נק') חלק את קירות המבנה לאזורים.

(4 נק') קבע את מקדם הלחץ החיצוני (C_{pe}) על הקירות בכל אחד מהאזורים.

(5 נק') חשב את לחצי הרוח הפועלים על כל אחת מחזיתות המבנה.

(4 נק') סרטט את תוכנית המבנה, ללא קנ"מ, וסמן את פירוס הלחצים הפועלים על הקירות.

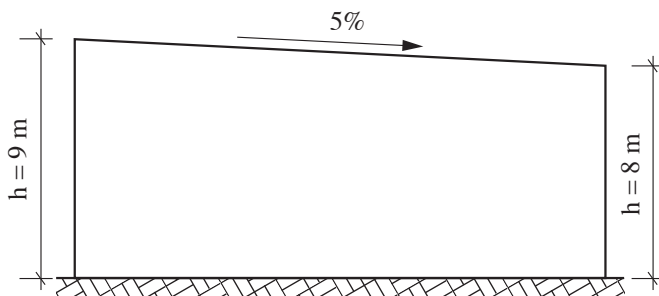
(17 נק') ד. חישוב לחצי הרוח על הגג:

(4 נק') חלק את גג המבנה לאזורים.

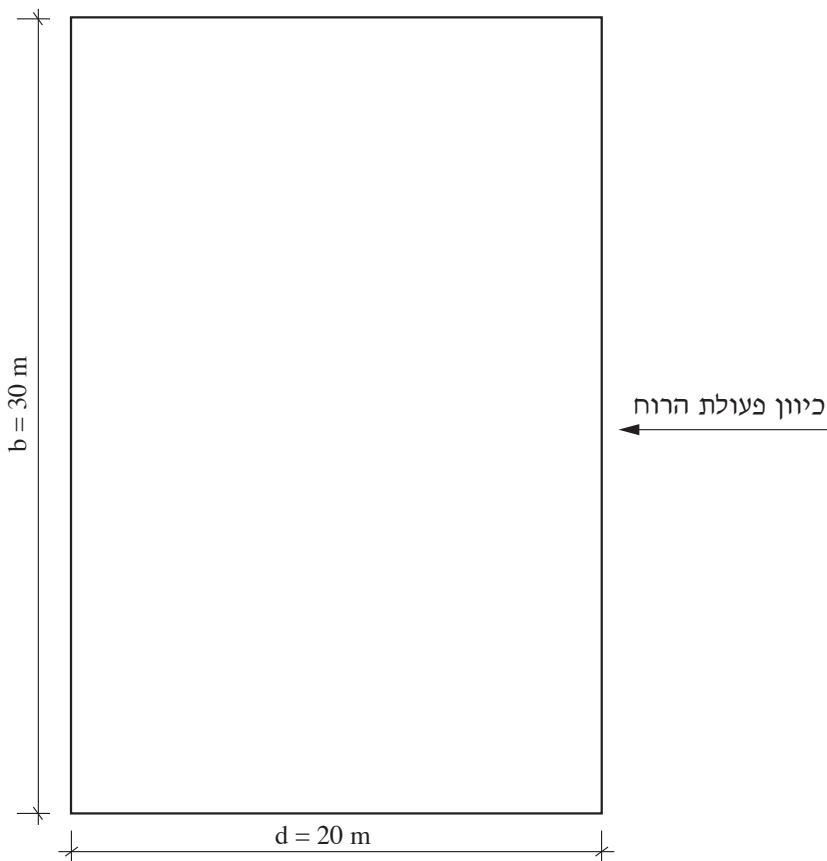
(4 נק') קבע את מקדם הלחץ החיצוני (C_{pe}) על הגג בכל אזור.

(5 נק') חשב את לחצי הרוח הפועלים על כל אחד מהאזורים של גג המבנה.

(4 נק') רכז את תוצאות חישוביך בטבלה.



תרשים סכמתי של חזית, ללא קנ"מ



תרשים סכמתי, ללא קנ"מ

איור לשאלה 3

את התרשימים (הסקיצות), החישובים והתשובות יש לסרטט ולכתוב במחברת הבחינה בלבד.

בהצלחה!

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
calcite aggregate	меловой агрегат	صِرار / 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
dividing rib	разделительное ребро (второстепенная балка)	ضلع مُقَسَّم	צלע מחלקת
main rib	основное ребро (главная балка)	ضلع رئيسي	צלע עיקרית
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
solid floor	массивное перекрытие	سقف باطون مُسَلَّح	תקרה מקשית
ribbed floor	ребристое перекрытие	سقف أضلاع	תקרת צלעות