

תכנון הנדסי

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

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

פרק ראשון	34 נקודות
פרק שני	66 נקודות
סה"כ	100 נקודות

עליך לענות על שאלה 1 שבפרק הראשון ועל שתי שאלות מהפרק השני, ובסך-הכול עליך לענות על שלוש שאלות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש:

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. 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.

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 ולהסבירם בקצרה. כל תוצאת חישוב יש להציג ביחידות המידה המתאימות, כמפורט בתחילת הבחינה (עמוד 3).

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

בשאלון זה 11 עמודים ו-2 עמודי נספח.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

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 בסנטימטרים (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)

ענה על שאלה 1 – שאלת חובה.

שאלה 1

באיור א' לשאלה 1 נתון תרשים עקרוני של קיר־כובד מבטון, התומך את הקרקע. הקרקע מורכבת משתי שכבות. בפתרון השאלה יש להזניח את החיכוך שבין גב הקיר לקרקע.

נתונים:

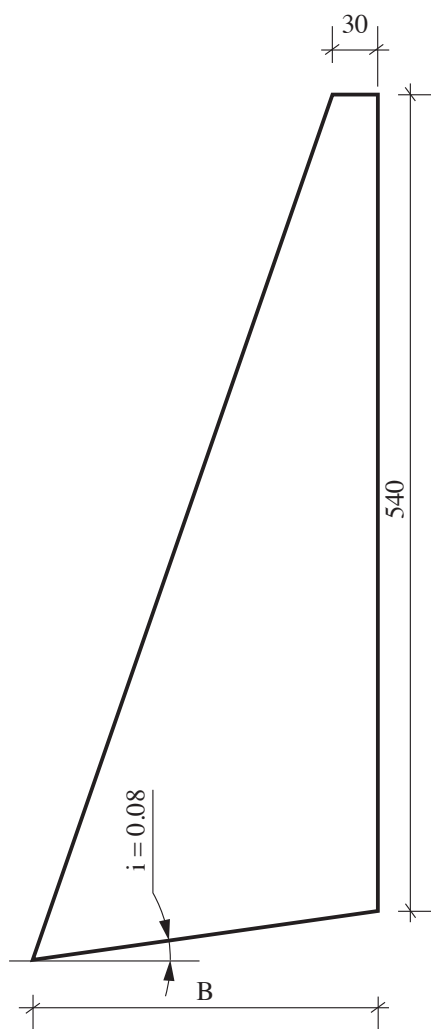
- על הקרקע, במפלס העליון של הקיר, פועל עומס שימושי מפורס, שערכו: $q = 6.5 \text{ kN/m}^2$
- המשקל המרחבי של הבטון: $\gamma_c = 23 \text{ kN/m}^3$
- המשקל המרחבי של שתי השכבות של הקרקע: $\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$
- זווית החיכוך הפנימי של הקרקע של השכבה העליונה: $\varphi_1 = 36.9^\circ$
- זווית החיכוך הפנימי של הקרקע של השכבה התחתונה: $\varphi_2 = 28.8^\circ$
- מקדם החיכוך בין קיר הבטון לקרקע: $\mu = 0.45$
- המאמץ המותר של הקרקע ללחיצה: $\sigma = 250 \text{ kN/m}^2$ מותר

ענה על כל הסעיפים א'–ג'.

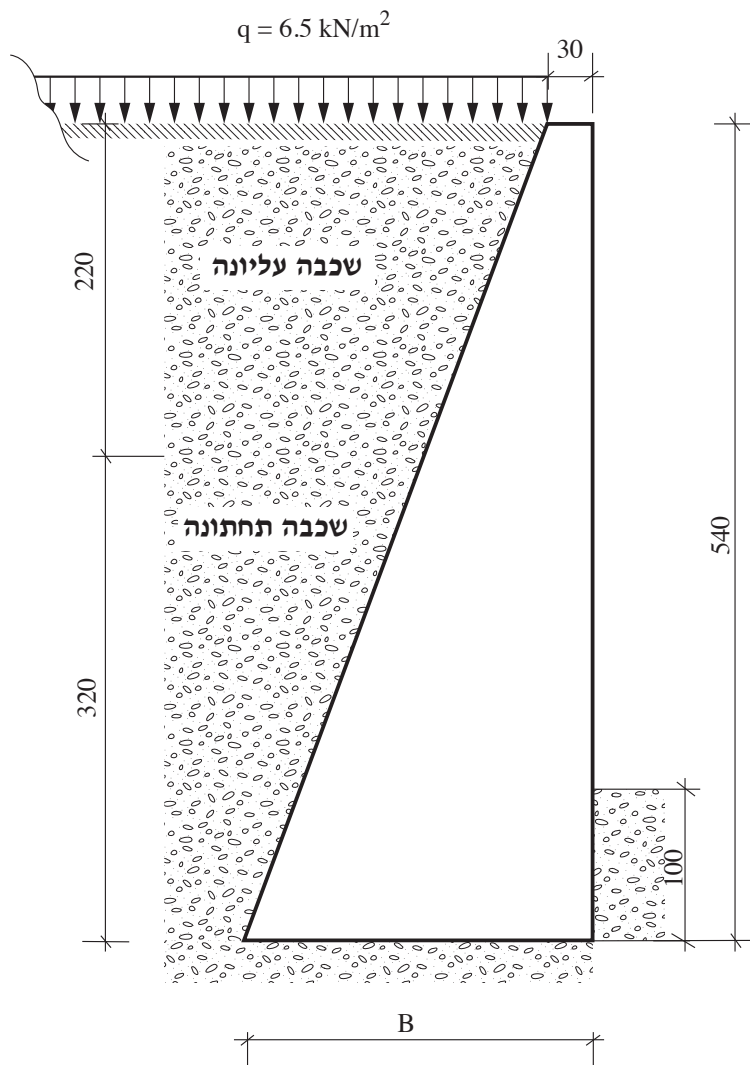
- 10 נק') א. חשב את פירוס הלחצים של הקרקע על הקיר (5 נק'), וסרטט אותם (5 נק').
- 9 נק') ב. חשב את הרוחב של בסיס הקיר: מידה B המסומנת באיור א', כדי להבטיח שמקדם הביטחון של הקיר להחלקה יהיה 1.5 .
- 9 נק') ג. חשב ובדוק אם הרוחב של בסיס הקיר המסומן באיור B = 3.3 m מתאים למקדם ביטחון להיפוך השווה 3 .

ענה על אחד הסעיפים – ד' או ה'.

- 6 נק') ד. בדוק אם הרוחב של בסיס הקיר, B = 3.3 m, מתאים למאמץ המותר של הקרקע ללחיצה.
- 6 נק') ה. המתכנן החליט לבצע בתחתית הקיר שיפוע $i = 0.08$, על־פי איור ב' לשאלה. האם החלטה זו תשפיע על מידת הרוחב של בסיס הקיר B ? הסבר ונמק את תשובתך.



איור ב'



איור א'

איורים א' וב' לשאלה 1, ללא קנ"מ

פרק שני (66 נקודות)

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

שאלה 2 – גלריה

באיור לשאלה נתונה תוכנית של גלריה העשויה מקונסטרוקציית פלדה, ללא קנ"מ. סכך הגלריה עשוי מפח גלי, והקורות הראשיות והמשניות עשויות מפרופיל U.

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

נתונים:

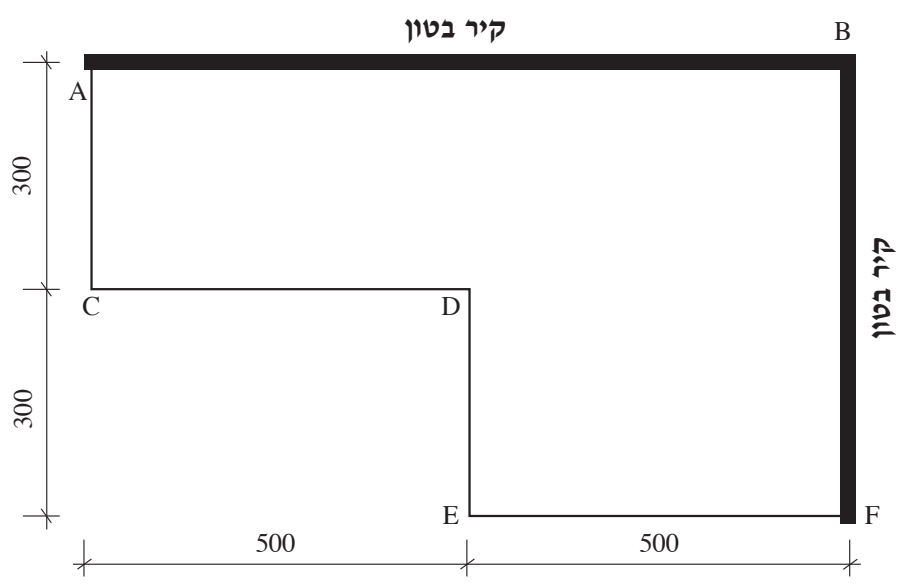
- המרחק בין הקורות המשניות: 50 cm
- עומס התכן לתכנון הגלריה: $F_{dmax} = 10 \text{ kN/m}^2$
- המאמץ המותר בפלדה: $\sigma = 140 \text{ MPa}$ מותר

ענה על כל הסעיפים א'–ג'.

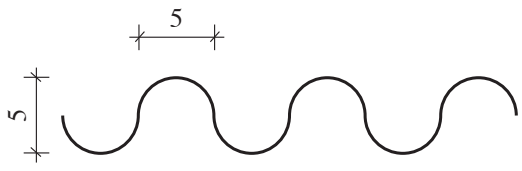
- 9 נק') א. סרטט את הפתרון ההנדסי הטוב ביותר לדעתך עבור הגלריה.
בפתרון עליך לכלול את מיקום העמודים, ואת המיקום של הקורות הראשיות והקורות המשניות.
- 9 נק') ב. תכנן את הקורות המשניות של הגלריה עבור פרופיל U, וציין את גודל הפרופיל המתאים.
בפתרון עליך לכלול את הסכמות הסטטיות ואת העומסים על הקורות.
- 9 נק') ג. תכנן את הקורות הראשיות של הגלריה עבור פרופיל U, וציין את גודל הפרופיל המתאים.
בפתרון עליך לכלול את הסכמות הסטטיות ואת העומסים על הקורות.

ענה על אחד הסעיפים – ד' או ה':

- 6 נק') ד. האם ניתן להקטין את המומנט באחת מהקורות הראשיות, בלי להוסיף עוד עמודים או קורות למבנה?
אם כן – הסבר כיצד, ואם לא – הסבר מדוע.
- 6 נק') ה. באיור לשאלה מתואר חתך של הפח הגלי. חשב את המאמץ בסכך של הגג עבור עומס תכן של 10 kN/m^2 .



תוכנית גלריה, ללא קנ"מ



חתך של הפח הגלי

איור לשאלה 2

שאלה 3

באיור לשאלה נתונה גדר המתוכננת לאזור תעשייה, בעיר הממוקמת באזור מישור החוף.

(מקדם אורוגרפיה: $C0(z) = 1$).

הגדר עשויה מבלוקי בטון, קורות ועמודונים.

נתונים נוספים:

אורך הגדר – 20 מ'

גובה הגדר – 4 מ'

עובי הגדר – 20 ס"מ

דרגת החספוס: II

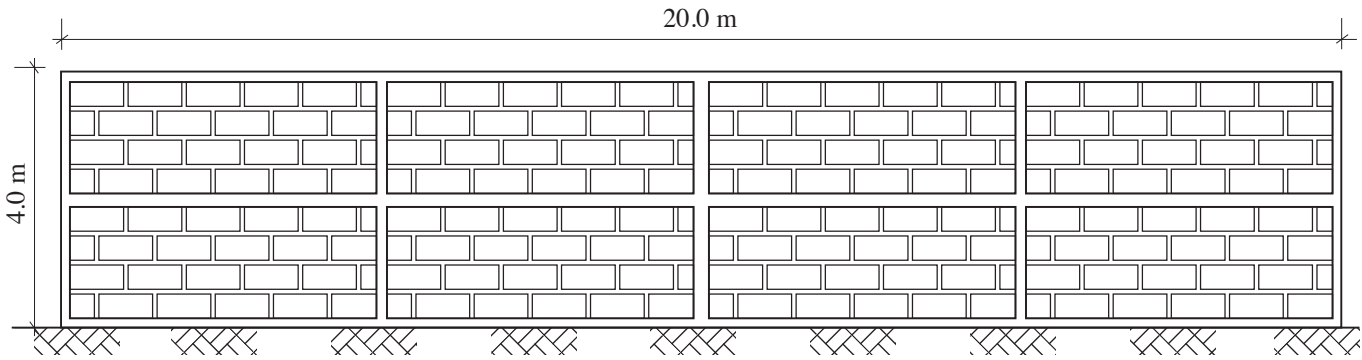
מקדם השיא: $Kp = 3.5$

ענה על כל הסעיפים א'–ה'.

- (7 נק') א. חשב את ערכו של לחץ הייחוס q_b .
- (7 נק') ב. קבע את ערכו של מקדם החשיפה $Ce(Ze)$ עבור הגדר.
- (7 נק') ג. חלק את הגדר לאזורים, וקבע את ערכו של המקדם Cpe,net לכל אזור.
- (6 נק') ד. חשב את ערכו של לחץ הרוח We,i הפועל על הגדר בכל אזור.
- (2 נק') ה. רכז את תוצאות חישוביך בטבלה.

ענה על אחד הסעיפים – ו' או ז'.

- (4 נק') ו. חשב את ערכו של הכוח Fi בכל אזור.
- (4 נק') ז. חשב את ערכו של כוח החיכוך Ffr הפועל על הגדר.



איור לשאלה 3, ללא קנ"מ

שאלה 4

באיור לשאלה מסורטטים חתך מדרגות כללי ופרט מדרגות, ללא קנ"מ.
יש לתכנן תוכנית מדרגות עבור כניסה של בניין משרדים על-פי כל נתוני השאלה.
מהלך המדרגות נשען משני צדיו על קירות מבטון מזוין.
עובי הבטון של מהלך המדרגות הוא 20 ס"מ.
המדרך על המדרגות ועל הפודסט עשוי משיש.
משקל השיש הוא 0.3 kN/m^2 לכל 1 ס"מ עובי.

נתונים נוספים:

סוג הבטון – ב-30 אגרגט גירי.

רוחב המדרגות – 150 ס"מ.

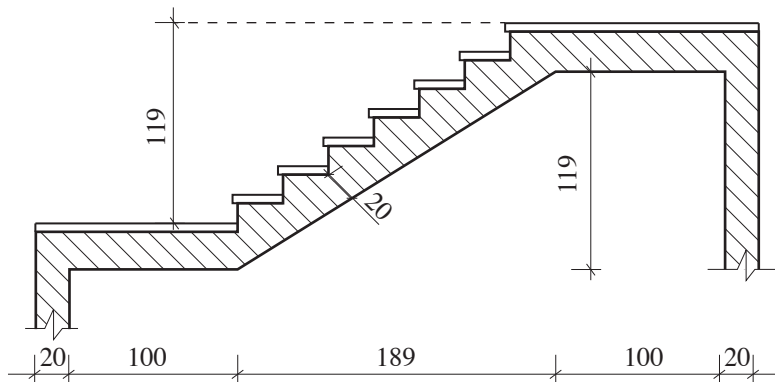
העומס השימושי על המדרגות 45 kN/m^2 .

ענה על כל הסעיפים א'–ד'.

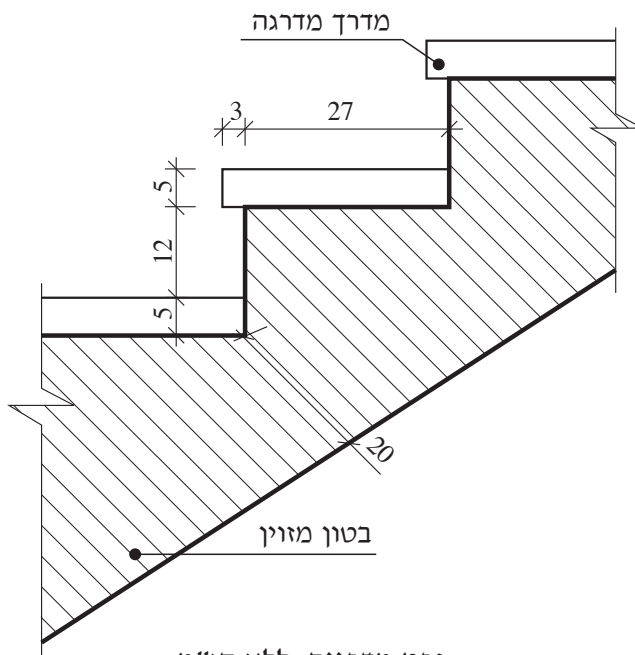
- (7 נק') א. חשב את המשקל העצמי של הפודסט ואת המשקל העצמי של המדרגות.
עבור המדרגות יש לחשב את משקל הבטון ואת משקל המשולשים – רום ושלח.
(7 נק') ב. חשב את עומס התכן על הפודסט ואת עומס התכן על המדרגות.
(7 נק') ג. סרטט את הסכמה הסטטית של המדרגות, כולל עומסי התכן שחישבת בסעיף ב'.
(7 נק') ד. חשב את המומנט המרבי לאורך מהלך המדרגות.

ענה על אחד הסעיפים – ה' או ו':

- (5 נק') ה. חשב את כוח הגזירה המרבי עבור אדם העולה במדרגות ומשקלו 70 ק"ג.
יש להזניח את המשקל הקבוע והשימושי של המדרגות.
(5 נק') ו. סרטט סרטוט עקרוני של הזיון לאורך המדרגות.



חתך מדרגות, ללא קנ"מ



פרט מדרגות, ללא קנ"מ

איור לשאלה 4

בהצלחה!

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
calcite aggregate	меловой агрегат	صغار / 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 / تقوس	כפף
compression	сжатие	ضغط	לחיצה
diagram	эпюры	مُجَرَّيات / 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