

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. בסך הכול 100 נקודות. בתוך כל שאלה ניתנת אפשרות בחירה כלשהי. שים לב להוראות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר, 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 התקנים האלה:

ת"י 466, חלק I ("חוקת הבטון"), יוני 2003, גיליון תיקון 3, מאי 2012.

חלק II, ינואר 1979, גיליון תיקון 3, מאי 1996.

ת"י 1225, פלדה, חלק I, גיליון תיקון 2, 29 במאי 2003.

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

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

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.

◀ המשך מעבר לדף

בהצלחה!

בשאלון זה משתמשים בתקן הבינ"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 כן מצוין אחרת.

2. נתונים כלליים **לפלדות**:

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

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

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

השאלות

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

שאלה 1 – קיר כובד (34 נקודות)

בשאלה זו חמישה סעיפים (א'-ה'). עליך לענות על סעיפים א'-ג' ועל סעיף אחד נוסף מבין הסעיפים ד'-ה', לפי בחירתך.

נתונים (התקפים לכל הסעיפים):

על הקרקע הנתמכת פועל עומס מפורס קבוע של $q = 15 \text{ kN/m}^2$ (1.5 t/m^2)

המשקל המרחבי של הבטון: $\gamma_c = 23 \text{ kN/m}^3$ (2.3 t/m^3)

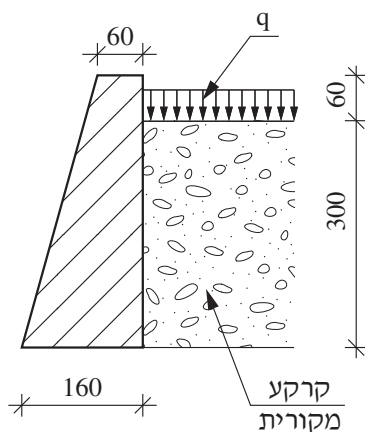
המשקל המרחבי של הקרקע: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ (2 t/m^3)

זווית החיכוך של הקרקע: $\varphi = 28^\circ$

מקדם החיכוך של הקרקע: $\mu = 0.4$

הנחה ראשונה:

באיור א' לשאלה, שמתייחס לסעיפים א'-ג', מתואר תרשים עקרוני של קיר כובד מבטון דבש (בטון לא מזוין) התומך את הקרקע. בהנחה ראשונית נקבע שרוחב תחתית הקיר 160 ס"מ.



איור א', סעיפים א'-ג'
ללא קנ"מ, המידות בס"מ

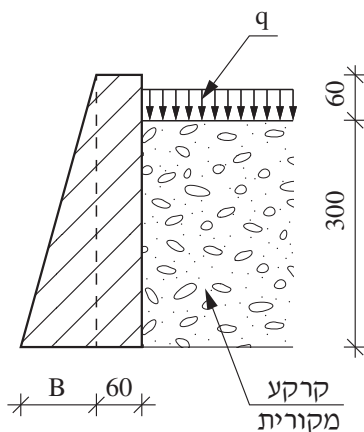
שאלות חובה המתייחסות להנחה הראשונה:

- 7 נק' א. חשב את פירוס המאמצים על הקיר, וסרטט אותם.
- 9 נק' ב. חשב את מקדם הביטחון של הקיר להיפוך. ציין אם המקדם שחישבת תקני.
- 9 נק' ג. חשב את מקדם הביטחון של הקיר להחלקה. ציין אם המקדם שחישבת תקני.

ענה על אחד הסעיפים - ד או ה.

הנחה שנייה:

באיור ב' לשאלה, המתייחס לסעיף ד', מתואר תרשים עקרוני של אותו קיר כובד מבטון דבש (בטון לא מזוין) התומך את הקרקע ללא המידה B ברוחב הבסיס.



איור ב', סעיף ד'
ללא קנ"מ, המידות בס"מ

(9 נק') ד. חשב את מידה B הדרושה לרוחב הבסיס של הקיר כדי לקבל מקדם ביטחון להיפוך השווה ל-2.5.

את התרשים (הסקיצות) והתשובות יש לסרטט ולכתוב במחברת הבחינה בלבד.

הנחה שלישית:

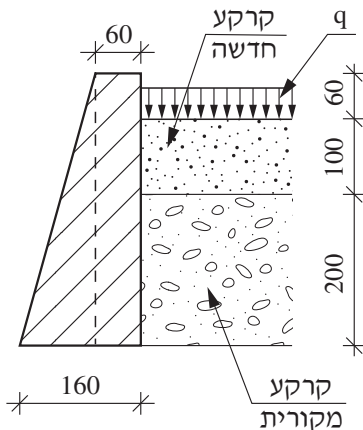
באיור ג' לשאלה, המתייחס לסעיף ה', מתואר תרשים עקרוני של אותו קיר כובד מבטון דבש (בטון לא מזוין) התומך את הקרקע, שבו הוחלפה השכבה העליונה של הקרקע הקודמת (שבסעיף א') בקרקע חדשה. רוחב תחתית הקיר נשאר 160 ס"מ.

נתונים לשכבה החדשה:

עובי שכבת המילוי הוא 100 ס"מ.

משקלה המרחבי של שכבת המילוי הוא $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ (1.8 t/m^3)

זווית החיכוך של שכבת המילוי היא $\varphi = 32^\circ$



איור ג' לשאלה 1, סעיף ה'
ללא קנ"מ, המידות בס"מ

9 נק') ה. חשב את פירוס המאמצים על הקיר, וסרטט אותם.

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

שאלה 2 (33 נקודות)

בשאלה זו שישה סעיפים (א'-ו'). עליך לענות על סעיפים א'-ד' ועל סעיף אחד נוסף מבין הסעיפים ה'-ו', לפי בחירתך.

באיור לשאלה מתוארת גלריה מעל מוסך. המספרים ① עד ④ מסמנים את הקורות הראשיות וקורות המשנה, שעשויות כולן מפלדה (מסומנות בקווים נסתרים). באיור מוצגות שתי חלופות של הגלריה – חלופה א' וחלופה ב'. הקורות של הגלריה נשענות על עמוד פלדה ועל קירות הבטון שמסביב. אין להוסיף עמודים לגלריה. רצפת הגלריה עשויה מלוחות עץ בחתך מלבני ברוחב 10 ס"מ. לגלריה עולים מהמוסך דרך מהלך המדרגות המסומן.

נתונים:

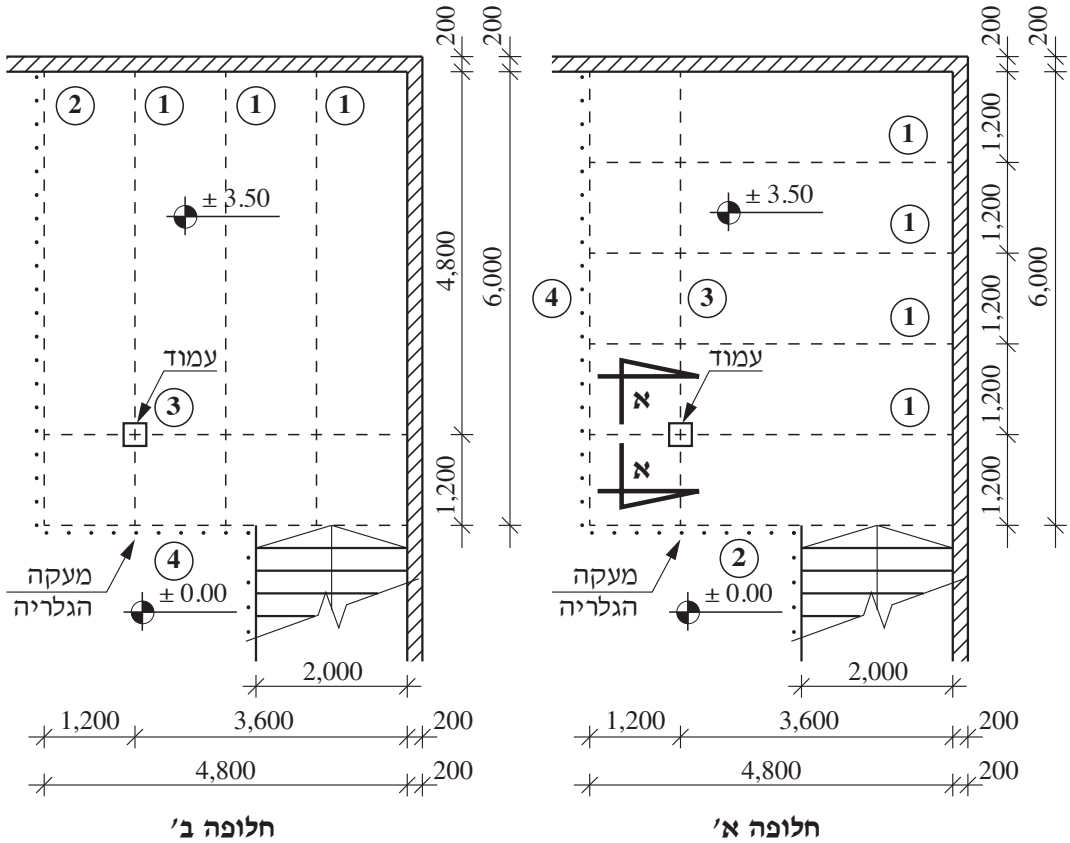
משקל הגלריה + עומס שימושי (כולל מקדמי ביטחון): 7 kN/m^2 (0.7 t/m^2)

מאמץ הכפיפה המותר בעץ: 8 MPa (80 kg/cm^2)

הערה: אין להתחשב בעומס ממהלך המדרגות הנשען על הגלריה.

הערה: בסעיפים א'-ד' הבאים יש להתייחס לחלופה א' בלבד.

- (6 נק') א. חשב את העובי המינימלי של לוחות העץ הנדרש לבניית הרצפה.
- (9 נק') ב. חשב את המומנטים הפועלים על קורות ① עד ④, וסרטט את מהלכיהם.
- (4 נק') ג. בחר פרופילי RHS מתאימים לקורות הגלריה שחישבת בסעיף ב'.
- (8 נק') ד. סרטט במחברת הבחינה בקנ"מ 1:10 חתך א-א (ראה חלופה א' באיור) בין העמוד שעשוי מפרופיל $200 \times 200 \times 6.3$ RHS לבין קורות ①, ③ ורצפת העץ. הצג בסרטוט גם את אמצעי החיבור ביניהם.



איור לשאלה 2 ללא קנ"מ, המידות במ"מ

ענה על אחד הסעיפים – ה או ו.

ה. הסבר עבור חלופה א' בלבד מהם תפקידי הקורות במבנה, וכיצד עוברים (6 נק')

העומסים שעל רצפת העץ עד לעמוד הפלדה ולקירות הבטון.

בתשובתך, היעזר בשמות הקורות $(1), (2), (3), (4)$.

ו. הסבר איזו משתי החלופות טובה יותר וחשכונית יותר מבחינת כמויות הפלדה (6 נק')

הנדרשות בקורות (אין צורך בחישוב).

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

שאלה 3 (33 נקודות)

בשאלה זו ארבעה סעיפים (א'–ד'). עליך לענות על כולם.
בסעיף ב' עליך לבחור באחת מאפשרויות התכנון שהצעת בסעיף א'.
סעיפים ג' ו-ד' מתייחסים לאותה אפשרות שבחרת בסעיף ב'.

באיור לשאלה נתונה תוכנית של תקרת גג שיש לבנות מעל אולם אירועים. התקרה תתוכנן מבטון מזוין בעובי אחיד. התקרה תישען על קורות בטון יורדות לאורך ארבעת הצדדים. סוג הבטון הוא ב-30, אגרגט גירי.

נתונים:

העומס הקבוע הנוסף: 3 kN/m^2 (0.3 t/m^2)

העומס השימושי: 1.5 kN/m^2 (0.15 t/m^2)

המשקל המרחבי של הבטון המזוין: 25 kN/m^3 (2.5 t/m^3)

(6 נק') א. הצע שני תכנונים שונים לתקרה. אין להשתמש במסבכים, בקורות עליונות או תחתונות, ואף לא בעמודים פנימיים. נמק כל אחד משני התכנונים שהצעת.

הערה:

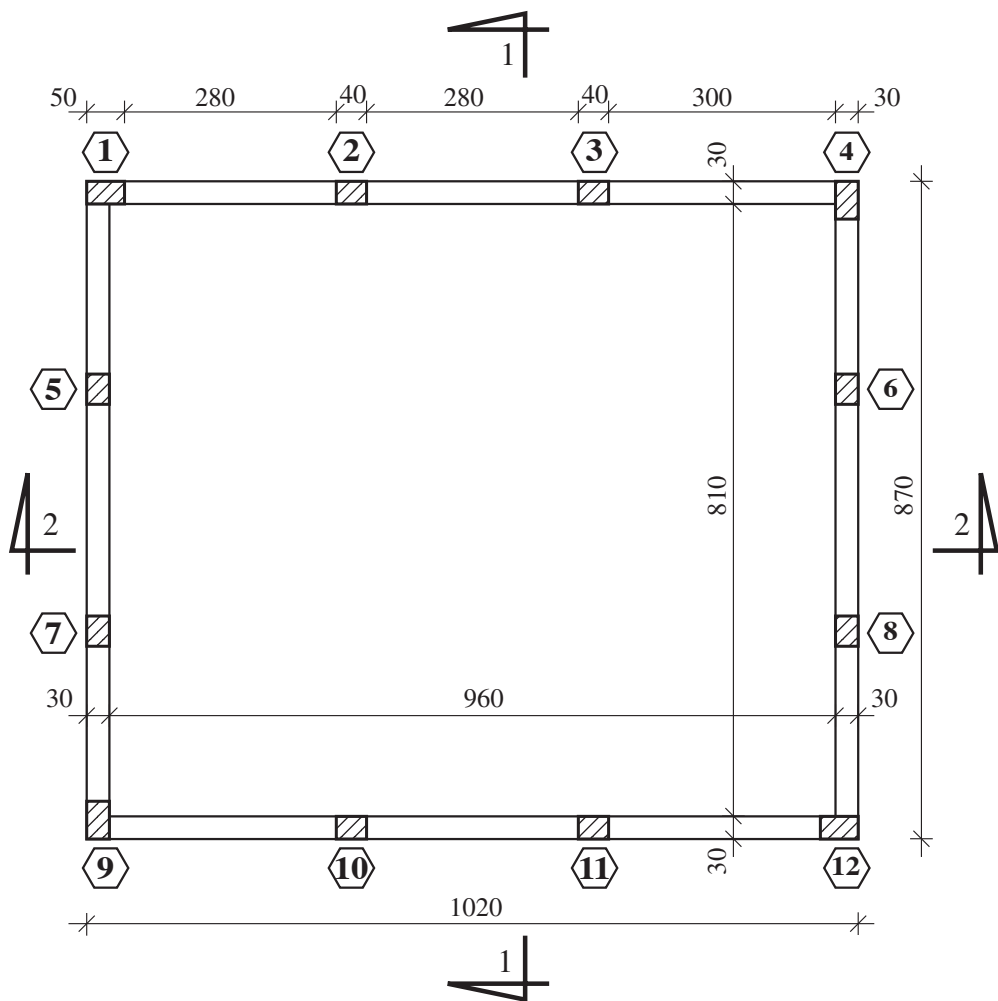
אם בהצעותיך דרושים גופי מילוי, השתמש בבלוקים של איטונג בעלי חתך אופקי של 50×60 ס"מ עבור תקרה שבה רוחב הצלעות 15 ס"מ. המשקל המרחבי של בלוקי איטונג הוא 5 kN/m^3 (0.5 t/m^3).

(10 נק') ב. קבע את העובי של אחת התקרות שתכננת בסעיף א'. אם נדרש, בדוק באמצעות חישוב אם הגובה של התקרה עונה על דרישות הכפף לפי ת"י 466.

(10 נק') ג. עבור תכנון התקרה שבחרת בסעיף ב', חשב את הגובה הדרוש לקורה 1–2–3–4 לפי דרישות הכפף של ת"י 466.

(7 נק') ד. עבור תכנון התקרה שבחרת בסעיף ב', סרטט במחברתך את החתכים 1–1 ו-2–2, המסומנים באיור.

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



איור לשאלה 3 ללא קנ"מ, המידות בס"מ

בהצלחה!

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

נספח: מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 712917, אביב תשע"ח

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
calcite aggregate	меловой агрегат	صرار / ركام 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	изгиб	ثني / تقوُّس	כפף
compression	сжатие	ضغط	לחיצה
diagram	лестничные марши	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

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
tension	растяжение	شدّ	מתיחה
mobile support	подвижная опора	مِسْنَدٌ مُتَحَرِّكٌ	סמך נייד
fixed support	неподвижная опора	مِسْنَدٌ ثَابِتٌ	סמך קבוע
fixed load	постоянная нагрузка	وزن ثابت	עומס קבוע
operational load	временная (полезная нагрузка)	وزن مُتَغَيِّرٌ	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 / جِسْرٌ 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