

קונסטרוקציות בטון

הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה:

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 נייר מאוגד בקלסר/ים, חוברת טבלאות.

2. כלי סרטוט

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 – דצמבר 2015

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

בשאלון זה 12 עמודים ו-2 עמודי נספח.

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

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

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

פרק ראשון (34 נקודות)

ענו על שאלה 1 – שאלת חובה.

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מסורטטים קורה וחתך א'-א' של הקורה, ללא קנ"מ. הקורה בעלת זיז אחד, והיא נשענת על שני סמכים A ו-B. האיור כולל את המידות של חתך הקורה ואת העומסים האופייניים הפועלים עליה. העומס הקבוע על הקורה כולל את משקלה העצמי – 22 kN/m , לכל אורכה. העומס השימושי על הקורה: בשדה – 78 kN/m , ובזיז – 42 kN/m . הקורה חושבת עבור עומסי תכן, ותוצאות החישוב של מהלכי הכוחות נתונות בסרטוט.

נתונים נוספים:

סוג הבטון: ב-30 אגרגט גירי

הפלדה מצולעת

עובי שכבת הכיסוי של הבטון: $ds = ds' = 3 \text{ cm}$

המשקל המרחבי של הבטון: 25 kN/m^3

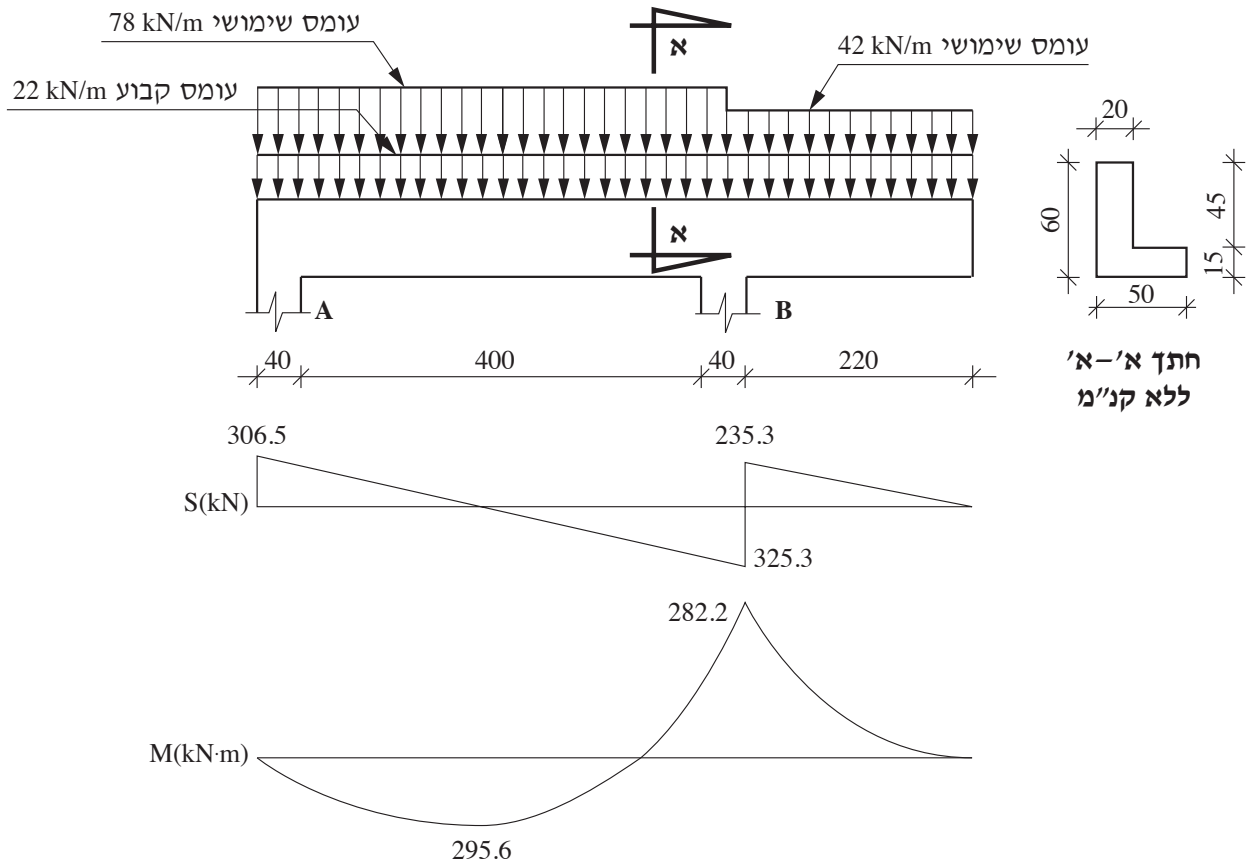
ענו על כל הסעיפים א'-ה'.

- 7 נק' א. בדקו וקבעו אם גובה הקורה עונה על דרישות הכפף של ת"י 466. ניתן להניח שהמפתח השקיל בשדה הוא 0.9 מאורכו בפועל.
- 2 נק' ב. חשבו את עומסי התכן של הקורה בכל חלקיה.
- 10 נק' ג. חשבו את כמות מוטות הזיון, בקוטר 20 מ"מ, הדרושים לכיסוי המומנטים המרביים לאורך כל הקורה, עבור המומנט החיובי בשדה AB והמומנט השלילי בסמך B.
- 5 נק' ד. סרטטו במחברת את חתך הקורה, סרטוט גדול וברור, וסרטטו עליו:
- מוטות זיון אורכי כפי שחישבתם בסעיף ג'.
 - חישוקים – סרטוט עקרוני בלבד.
- 5 נק' ה. נתון כי $V_d < VR_d(\max)$. הסבירו מה המשמעות של נתון זה.
- ציינו שני פתרונות אפשריים.

ענו על אחד הסעיפים - ו' או ז'.

ו. (5 נק') הסבירו מה תפקיד החישוקים בקורה, ומדוע פריסתם לא אחידה לכל אורך הקורה, בהנחה שפועל עליה עומס מפורס בלבד.

ז. (5 נק') מה צריך להיות גובה הקורה, בס"מ, על מנת שלא ידרשו בה מוטות זיון לחוצים?



קורה, 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 מסורטטת, ללא קנ"מ, תוכנית של תקרה מקשית מתוחה בכיוון אחד, שעובייה 20 ס"מ.

נתונים:

העומס הקבוע הנוסף:	3 kN/m^2
העומס השימושי:	2.5 kN/m^2
המשקל המרחבי של הבטון:	25 kN/m^3
סוג הבטון:	ב-30 אגרגט גירי
עובי שכבת הכיסוי של הבטון:	$ds = 3 \text{ cm}$

ענו על כל הסעיפים א'-ה'.

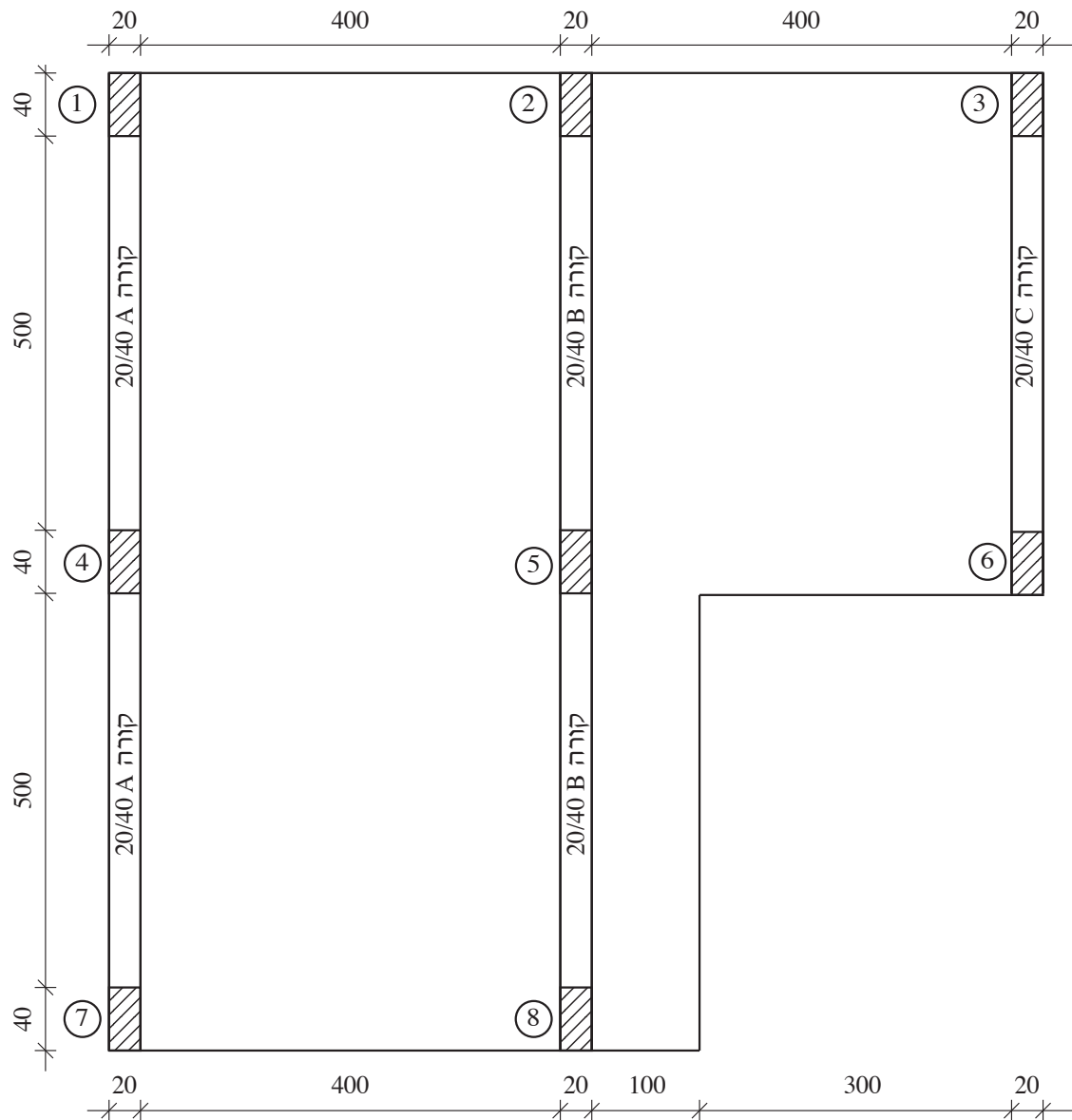
- (6 נק') א. בדקו, באמצעות חישוב, אם גובה התקרה עונה על דרישות הכפף של ת"י 466.
- (3 נק') ב. חשבו את עומסי התכן על כל חלקי התקרה, וסרטטו מצב העמסה בתקרה לקבלת תגובה (ריאקציה) מקסימלית על קורה C.

עבור סעיפים ג'-ו': עומס התכן של F_{dmax} פועל על כל התקרה (ללא מצבי העמסה מסוכנים):

- (6 נק') ג. חשבו את הערכים של כוחות הגזירה הפועלים על כל חלקי התקרה (3 נק'), וסרטטו את מהלכם (3 נק').
- (6 נק') ד. חשבו את הערכים של המומנטים בכל חלקי התקרה (3 נק'), וסרטטו את מהלכם (3 נק').
- (8 נק') ה. עבור שדה 4-5-7-8, חשבו את שטח הזיון הדרוש עבור המומנט החיובי והמומנט השלילי (4 נק'), ובחרו מוטות זיון מתאימים בקוטר 10 מ"מ (4 נק').

ענו על אחד הסעיפים – ו' או ז'.

- (4 נק') ו. חשבו את אורך העיגון הדרוש עבור הזיון החיובי שחישבתם בסעיף ה' (2 נק'), וסרטטו אותו (2 נק').
- (4 נק') ז. חשבו את עומס השירות הפועל על קורה C (2 נק'), ובדקו אם גובה הקורה 20/40 עונה על דרישות הכפף של ת"י 466 (2 נק').



תוכנית תקרה, ללא קנ"מ

איור לשאלה 2

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מסורטטים, ללא קנ"מ, קטע מתוכנית קומה טיפוסית של בניין משרדים, וכן חתכים א'-א' ו-ב'-ב' של הקומה.

יש לתכנן את עמוד מספר 1 המסומן באיור לשאלה, המועמס בעומס תכן של 1,200 ק"נ.

מידות העמוד: 30/50 ס"מ.

העמוד מוחזק בכיוון הציר Y, אך אינו מוחזק בכיוון הציר X.

נתונים עבור שני הכיוונים:

$$A = 0.7, B = 1.3, C = 2.7$$

סוג הבטון: ב-30 אגרגט גירי

הפלדה מצולעת

עובי שכבת הכיסוי של הבטון: $ds = ds' = 5 \text{ cm}$

ענו על כל הסעיפים א'-ו'.

- 2 (נק') א. חשבו את ערך התמירות המזערי (המינימלי) $\lambda_{\min}$ בשני הכיוונים.
- 8 (נק') ב. חשבו את האורך הפעיל של העמוד בכיוון Y.
- 3 (נק') ג. חשבו את תמירות העמוד (λ) בכיוון Y.
- 5 (נק') ד. חשבו את שני סוגי האקסצנטריות (ed, ei) בכיוון Y.
- 6 (נק') ה. חשבו את שטח הזיון הדרוש בעמוד בכיוון Y, ובחרו מוטות זיון מתאימים.

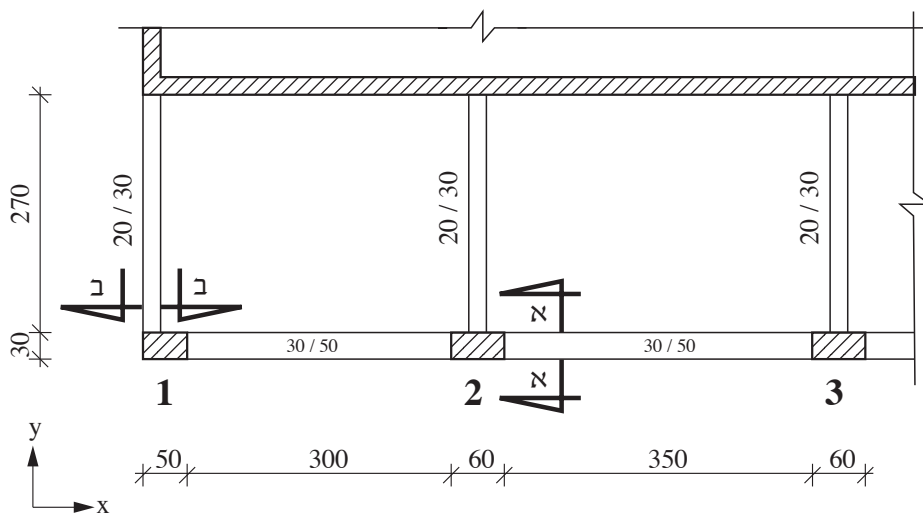
נתון: האורך הפעיל של העמוד בכיוון X שווה ל-9.5 מטר, $L_{ex} = 950 \text{ cm}$

- 3 (נק') ו. חשבו את תמירות העמוד (λ) בכיוון X.

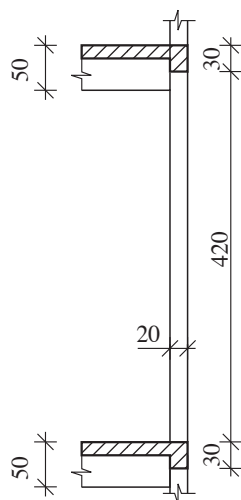
ענו על אחד הסעיפים - ז' או ח'.

נתון: $c = 8$, $d = d^*$, $K_r = 1$, $K_\Phi = 1$ (מקדם אינטגרציה)

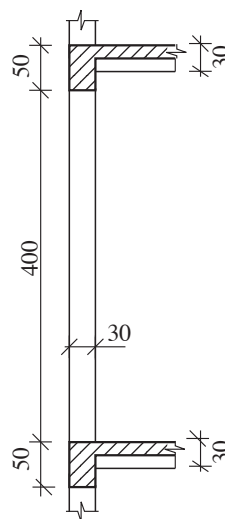
- 6 (נק') ז. חשבו את שלושת סוגי האקסצנטריות (ed, ei, e2) בכיוון X.
- 6 (נק') ח. סרטטו חתך אופקי של העמוד בתחתית הקומה, וסדרו בו את מוטות הזיון שבחרתם בסעיף ה'. ציינו את כמות החישוקים (קוטר ופסיעה) הדרושה לפי ת"י 466/2.



תוכנית קומה טיפוסית
ללא קנ"מ



חתך ב'-ב'
ללא קנ"מ



חתך א'-א'
ללא קנ"מ

איור לשאלה 3

שאלה 4

באיור א' לשאלה 4 מסורטטים, ללא קנ"מ, תקרת צלעות מבטון מזוין עם מילוי בלוקי איטונג, וחתך בצלע הראשית. באיור ב' לשאלה 4 (בעמ' 12) מסורטט מהלך המומנטים בצלע הראשית בתקרה. התקרה נשענת על קורות יורדות ועל קורות סמויות, כמתואר באיור א'.

נתונים:

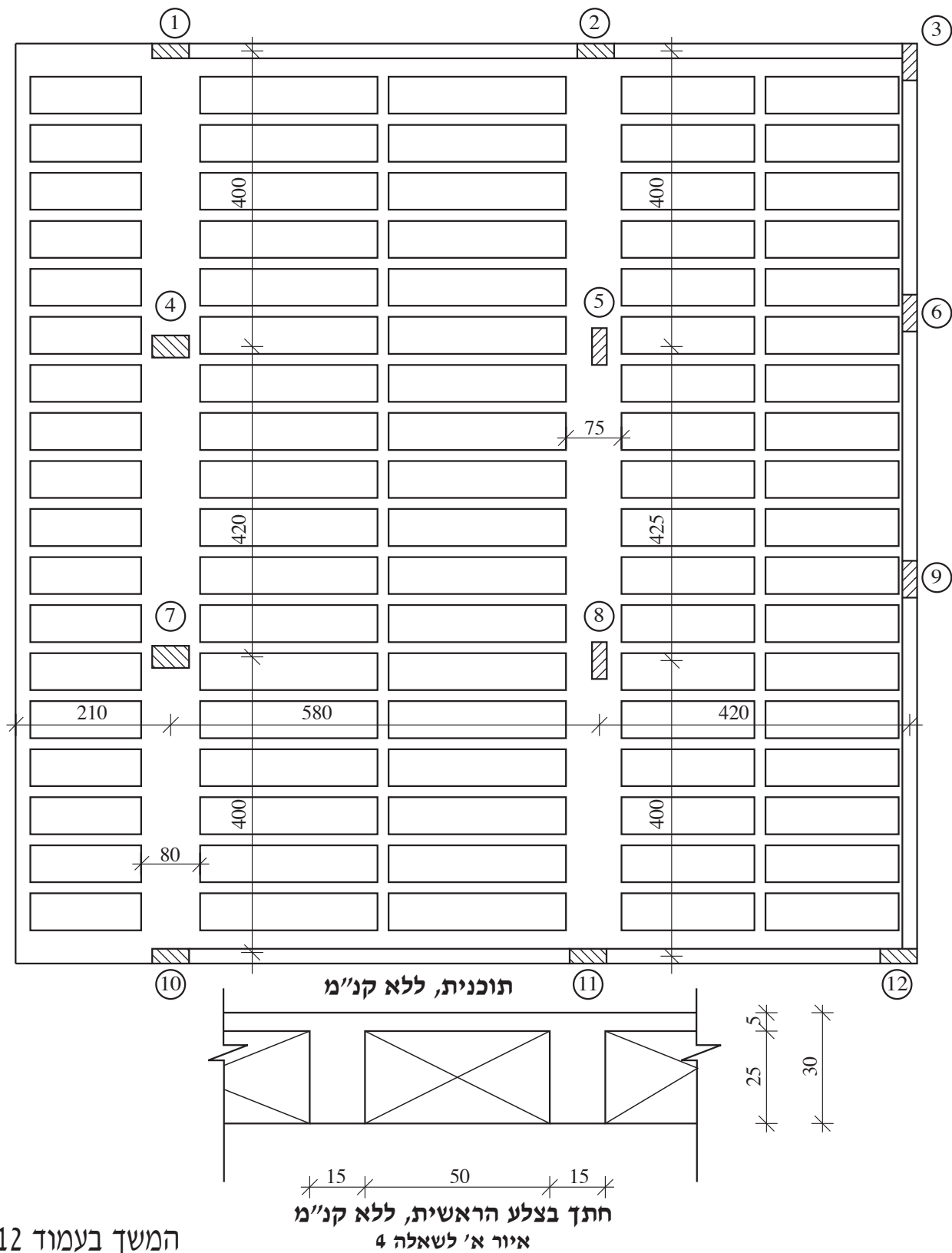
גובה תקרת הצלעות:	$25 + 5 = 30 \text{ cm}$
מידות בלוקי האיטונג:	$30/50/25 \text{ cm}$
רוחב הצלעות:	15 cm
סוג הבטון:	ב-30 אגרגט גירי
עובי שכבת הכיסוי (ds):	3 cm
העומס הקבוע הנוסף:	4 kN/m^2
העומס השימושי:	1.5 kN/m^2
המשקל המרחבי של הבטון המזוין:	25 kN/m^3
המשקל המרחבי של בלוקי איטונג:	5 kN/m^3

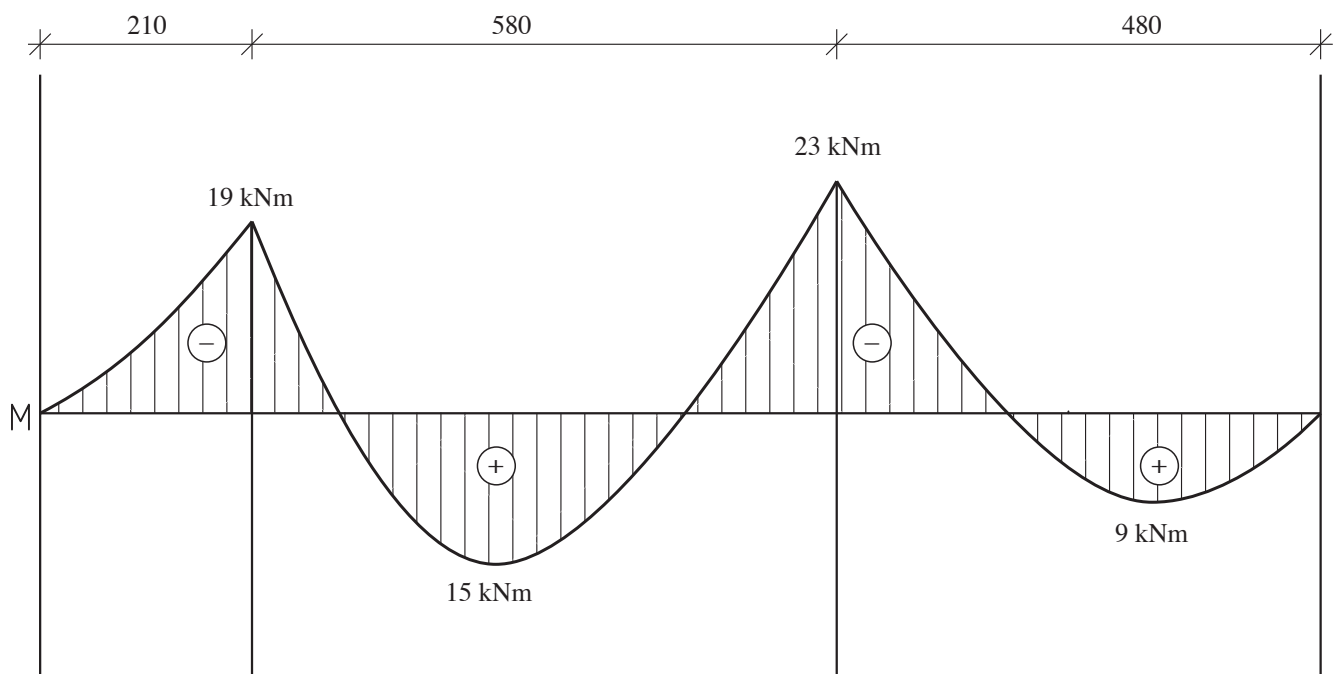
ענו על כל הסעיפים א' - ד'.

- 9 נק' א. סרטטו את הסכמה הסטטית של התקרה, ובדקו, באמצעות חישוב, אם גובה התקרה עונה על דרישות הכפף לפי ת"י 466 .
- 3 נק' ב. חשבו את עומס התכן (F_{dmax}) בתקרה ובצלע הראשית למצב גבולי של הרס.
- 9 נק' ג. חשבו את שטחי הזיון (A_s) הדרושים לכיסוי המומנטים החיוביים והשליליים המרביים (המקסימליים) בצלע הראשית, ובחרו מוטות פלדה מתאימים לפי מהלך המומנטים המתואר באיור ב' לשאלה.
- 9 נק' ד. בדקו, באמצעות חישוב, אם רוחב הקורה הסמויה 11-8-5-2 - 75 ס"מ - עונה על דרישות ת"י 466 . עומס השירות על הקורה מהתקרה נתון ושווה ל- 49.5 kN/m , ויש להוסיף את משקלה העצמי של הקורה.

ענו על אחד הסעיפים - ה' או ו'.

- 3 נק' ה. סרטטו סכמה סטטית של הצלע הראשית על-פי חישובכם בסעיף ג', ומתחתיה את סידור הזיון שחישבתם, והשלימו באופן עקרוני בלבד את הזיון האורכי הנוסף.
- 3 נק' ו. סרטטו את הסכמה הסטטית של הקורה הסמויה 11-8-5-2, ומתחתיה סרטטו באופן עקרוני בלבד (ללא חישוב) את סידור הזיון של הקורה, כולל זיון הרכבה ("מונטג").





מהלך מומנטים, ללא קנ"מ

איור ב' לשאלה 4

בהצלחה!

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
calcite aggregate	меловой агрегат	رُكَام (حَصَى) جَبْرِي / كِلْسِي	אגרגט גירי
buckling length	длина продольного изгиба	الطول لحساب الانهيار	אורך קריסה
shear force	поперечная (перерезывающая) сила	قوة القص	כוח גזירה
distributed force	равномерно распределенная нагрузка	قوة موزعة	כוח מפורס
concentrated force	сосредоточенная нагрузка	قوة مُركزة	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	ضَغْط	לחיצה
combined stress	совместное усилие	جُهد مُركَّب	מאמץ משולב
diagram	лестничные марши	مُجَرِّيات / مَحْطَّطات	מהלכים
moment of inertia	момент инерции	عزم الاستمرارية	מומנט התמד
bending moment	изгибающий момент	عزم الثني	מומנט כפיפה
concentrated moment	сосредоточенный момент	عزم مُركز	מומנט מרוכז
center of gravity	центр тяжести	مركز ثقل	מרכז כובד
self weight	собственный вес	وزن ذاتي	משקל עצמי
tension	растяжение	شد	מתיחה
mobile support	подвижная опора	مِسْنَد مُتَحَرِّك	סמך נייד
fixed support	неподвижная опора	مِسْنَد ثابت	סמך קבוע
pinned support	приваренная опора	مِسْنَد / مُرْتَكِز مُثَبَّت (مشدود)	סמך רתום
ribbed reinforced bars	профилированная арматура	حديد مُضْلَع	פלדה מצולעת

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
compound profile	составной профиль	לִמְחַת מְרֻכֶּבֶת	פרופיל מורכב
joint	деталь, шарнир	مِفْصَل	פרק
by a joint	шарнирное соединение	بشكل مِفْصَلِيّ	פרקית (באופן פרקי)
dividing rib	разделительное ребро (второстепенная балка)	ضلع مُقَسَّم	צלע מחלקת
main rib	основное ребро (главная балка)	ضلع رئيسي	צלע עיקרית
latent beam	скрытая балка (в толщине перекрытия)	عَرَقَة / جِسْر مَخْفِيّ	קורה סמויה
welding	сварка	لِحَام	ריתוך
wear	истирание, износ	تآكل	שחיקה
slenderness ratio	высокий элемент малого поперечного сечения	نُحُول	תמירות
slab floor	массивное перекрытие	سقف باطون مُسَلَّح	תקרה מקשית
two way slab floor	перекрытие сплошное ребристое	سقف باطون بِاتِّجَاهَيْن	תקרה מקשית מצולבת
two way ribbed floor	ребристое перекрытие	سقف أضلاع بِاتِّجَاهَيْن	תקרת ערוגות
ribbed floor	ребристое перекрытие	سقف أضلاع	תקרת צלעות