

קונסטרוקציות בטון

הוראות לנבחנים

- א. משך הבחינה: ארבע שעות ו-45 דקות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה: בשאלון זה חמש שאלות. יש לענות על ארבע מביניהן. לכל שאלה – 25 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש:
- כל חומר עזר כתוב בכתב-יד או מודפס על נייר מאוגד בקלסר/ים, חוברת טבלאות
 - כלי סרטוט וסרגל קנ"מ
 - מחשבון. אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית
- ד. הוראות מיוחדות:
- עיינו היטב בכל השאלות לפני שתחילו לענות עליהן.
 - את התרשימים (הסקיצות) יש לסרטט במחברת הבחינה בלבד, ובהקפדה על פרופורציות נכונות. את החישובים יש לכתוב בעט, במחברת הבחינה בלבד.
 - השאלון מתבסס על ת"י 466:
 - חלק I – ("חוקת הבטון") יוני 2003, גיליון תיקון 3, מאי 2012
 - חלק II – דצמבר 2015
 - בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון בשאלה, השלימו אותו על-פי ראיות עיניכם, ופתרו בעזרתו את השאלה. ציינו בתשובה את הנתון שהוספתם.
 - 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).
 - בנספח ב' 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 נספח א' וצירפו אותו למחברת הבחינה.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
כתבו "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 11 עמודים ו-3 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

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

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

השאלות

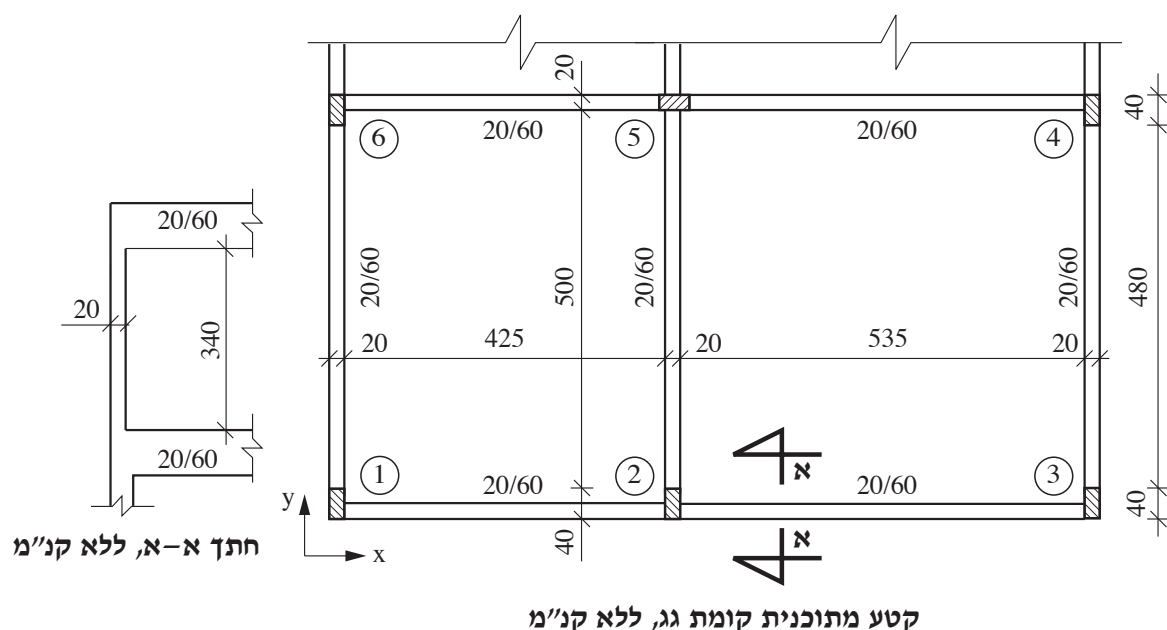
ענו על ארבע מבין השאלות 1-5 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה מסורטטים, ללא קנ"מ, קטע מתוכנית וחתך של קומת גג במבנה מגורים.
יש לתכנן את עמוד מספר 2 המסומן באיור לשאלה, המועמס בעומס תכן של 870 ק"נ.

נתונים:

- סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי
- הפלדה: מצולעת מסוג פ-500 ($f_{sd} = 435 \text{ MPa}$)
- עובי שכבת כיסוי הבטון $ds = ds' = 5 \text{ cm}$
- מקדם השפעת הזחילה: $A = 0.7$
- מקדם מידת ניצול החתך: $B = 1.1$
- מקדם השפעת מומנטי הקצה: $C = 0.7$



איור לשאלה 1

- א. (7 נק') חשבו את ערך התמירות המזערי λ_{min} ואת תמירות העמוד λ בכיוון x, וציינו אם יש צורך לחשב אקסצנטריות מסדר שני, e_2 .
- ב. (7 נק') חשבו את סכום האקסצנטריות $(e_1 + e_d + e_2)$ בכיוון x, וקבעו אם האקסצנטריות היא גדולה או קטנה. ניתן להניח ש- $c = 8, d = d^*$.
- ג. (7 נק') חשבו את הזיון הדרוש בעמוד בכיוון x ובחרו מוטות זיון מתאימים בקוטר 18 מ"מ.
- ד. (4 נק') סרטטו את הזיון שחישבתם בסעיף ג', כולל את החישוקים הדרושים לפי ת"י 466.

שאלה 2

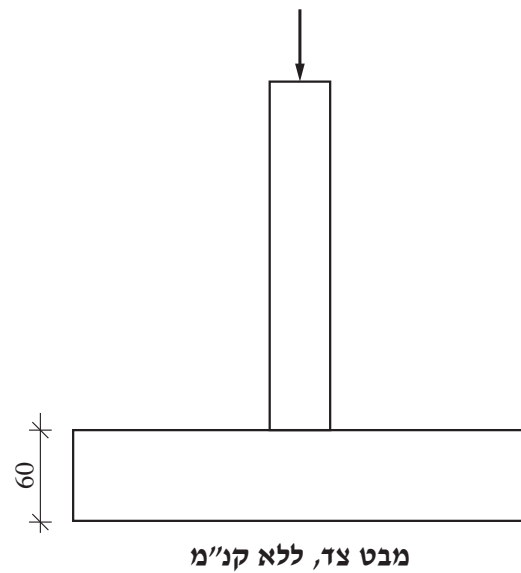
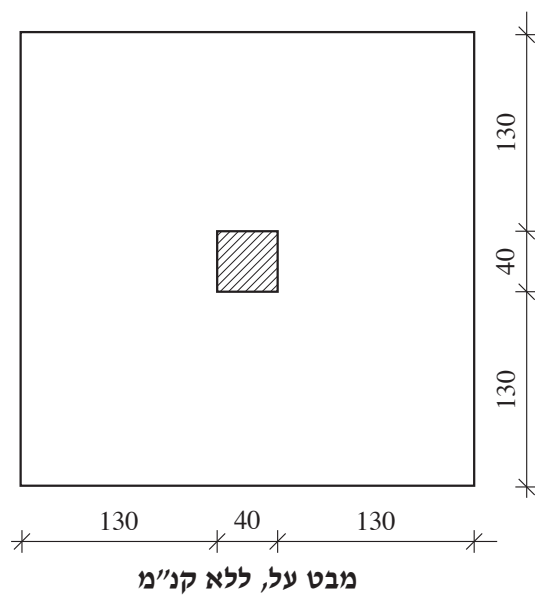
באיור לשאלה 2 מסורטטים, ללא קנ"מ, מבט צד ומבט על של יסוד לעמוד בודד.

נתונים:

מידות החתך של העמוד:	40/40 cm
עומס השירות האנכי על העמוד:	עומס קבוע - 1,000 kN ועומס שימושי - 500 kN
מידת פלטת היסוד:	300 / 300 / 60 cm
מאמץ השירות המותר בקרקע:	200 kN/m^2

נתונים נוספים:

- סוג הבטון:	ב-30, אגרגט גירי
- הפלדה:	מצולעת מסוג פ-500 ($f_{sd} = 435 \text{ MPa}$)
- עובי שכבת כיסוי הבטון:	$ds = ds' = 5 \text{ cm}$



איור לשאלה 2

- א. (7 נק') בהתחשב בעומסים, בדקו אם המאמץ הקיים בקרקע עונה על דרישות המאמץ המותר.
- ב. (7 נק') סרטטו סכמה סטטית של היסוד. על הסכמה לכלול את מידות היסוד ואת עומסי התכן הפועלים עליו מהעמוד ומהקרקע.
- ג. (7 נק') חשבו וסרטטו מהלך כוחות גזירה ומומנטים לאורך היסוד.
- ד. (4 נק') חשבו את מספר מוטות הזיון בקוטר 14 mm הנדרשים ביסוד. אין צורך לחלק לרצועות.

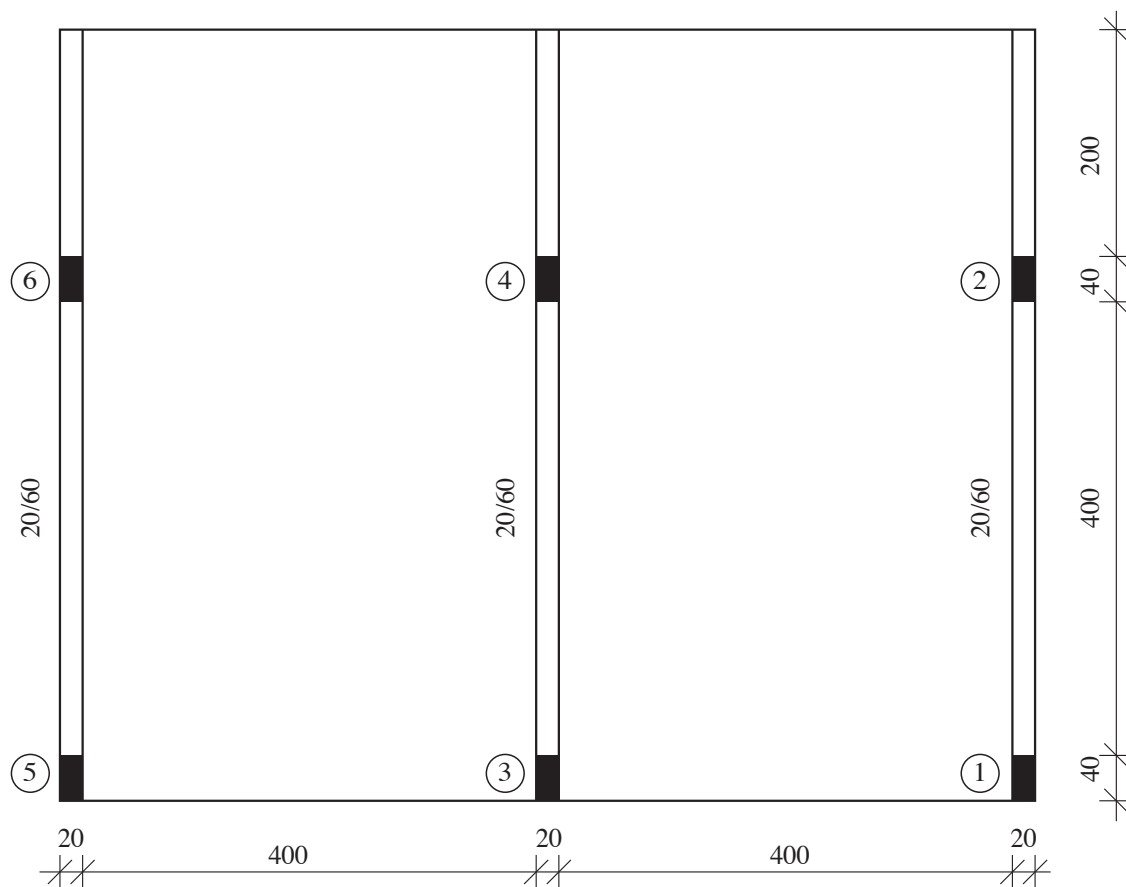
שאלה 3

באיור לשאלה 3 מסורטטת, ללא קנ"מ, תקרה מקשית מבטון מזוין. התקרה נשענת על קורות יורדות במידה 20/60.

נתונים:

- גובה התקרה: $h = 16 \text{ cm}$
- סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי
- הפלדה: מצולעת מסוג פ-500 ($f_{sd} = 435 \text{ MPa}$)
- עובי שכבת כיסוי הבטון: $ds = ds' = 3 \text{ cm}$
- העומס הקבוע הנוסף: $\Delta g = 4.5 \text{ kN/m}^2$
- העומס השימושי: $Q_k = 2.5 \text{ kN/m}^2$
- המשקל המרחבי של הבטון המזוין: $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

בפתרון השאלה אין להתחשב במצבי העמסה מסוכנים.



תקרה מקשית, ללא קנ"מ
איור לשאלה 3

(7 נק') א. בדקו באמצעות חישוב אם עובי התקרה עונה על דרישות הכפף של ת"י 466.

שימו לב: עבור סעיפים ב'–ד' יש להתחשב בעומס התכן $F_{d_{max}}$ בלבד.

(7 נק') ב. חשבו את שטח הזיון הדרוש לכיסוי המומנט החיובי המרבי בתקרה, ובחרו מוטות פלדה מתאימים בקוטר 12 mm.

(7 נק') ג. חשבו את הריאקציה הפועלת על עמוד 4 (אין להתעלם ממשקלה העצמי של קורה 3–4).

(4 נק') ד. סרטטו על נספח א' באופן עקרוני בלבד (ללא חישוב) את סידור הזיון בתקרה (זיון אורכי וזיון מחלק).

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

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מסורטטים, ללא קנ"מ, תקרת צלעות הנסמכת על קורות יורדות, קורה סמויה, וחתך טיפוסי של התקרה.

נתונים:

- סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי
- הפלדה: מצולעת מסוג פ-500 ($f_{sd} = 435 \text{ MPa}$)
- עובי שכבת כיסוי הבטון: $d_s = d_s' = 3 \text{ cm}$
- המשקל המרחבי של הבלוקים בתקרת צלעות: $\gamma_b = 5 \text{ kN/m}^3$
- העומס הקבוע הנוסף על התקרה, לא כולל משקלה העצמי: $G_k = 3 \text{ kN/m}^2$
- העומס השימושי על התקרה: $Q_k = 2 \text{ kN/m}^2$

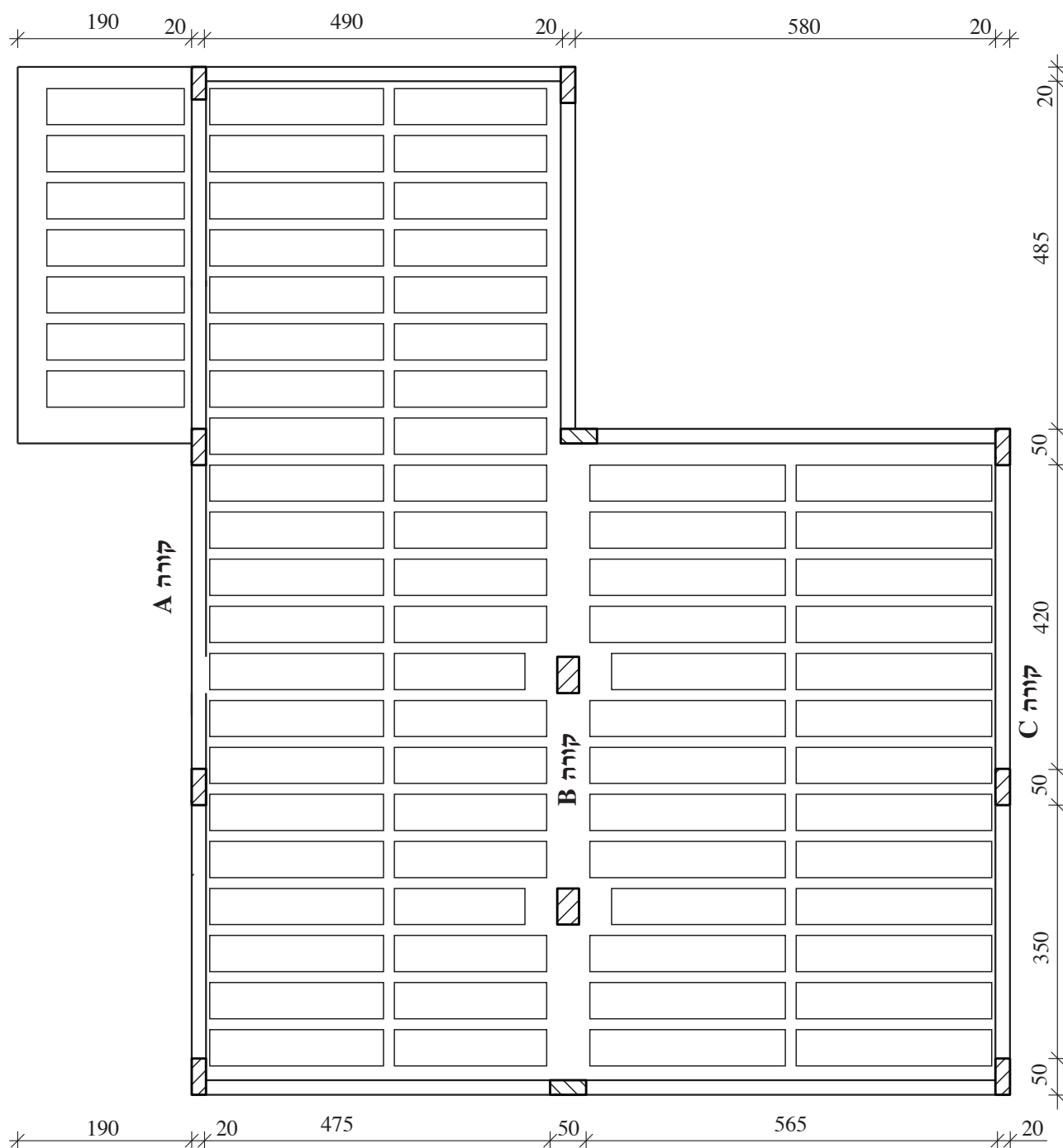
(7 נק') א. חשבו את המשקל העצמי של התקרה. אם התחשבתם בתוספות בטון בתקרה, ציינו במילים כמה הוספתם למשקל התקרה.

בסעיפים הבאים יש להביא בחשבון שהמשקל העצמי של התקרה הוא 3.8 kN/m^2

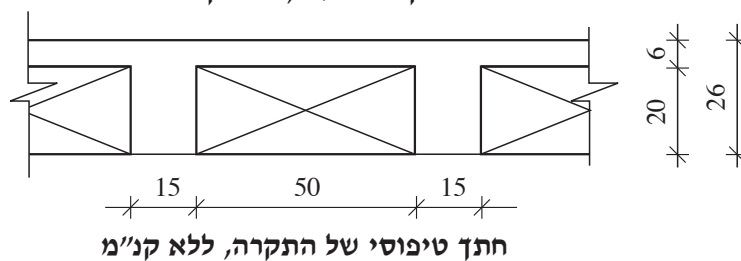
(7 נק') ב. סרטטו את הסכמות הסטטיות של התקרה, ובדקו באמצעות חישוב אם גובה התקרה עונה על דרישות הכפף לפי ת"י 466.

(7 נק') ג. חשבו את עומס התכן ($F_{d_{max}}$) בתקרה ובצלע ראשית למצב גבולי של הרס, וסרטטו את מהלכי כוחות הגזירה ואת מומנטי הכפיפה עבור הסכמה העליונה של הצלע.

(4 נק') ד. חשבו את שטח הזיון (A_s), הדרוש לכיסוי המומנט השלילי המרבי מעל קורה A, ובחרו מוטות פלדה מתאימים.



תקרת צלעות, ללא קנ"מ



איור לשאלה 4

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מסורטטת, ללא קנ"מ, קורה הנסמכת על שלושה סמכים, שרוחב כל אחד מהם 20 סנטימטרים. חתך הקורה מסורטט בחתך A-A.

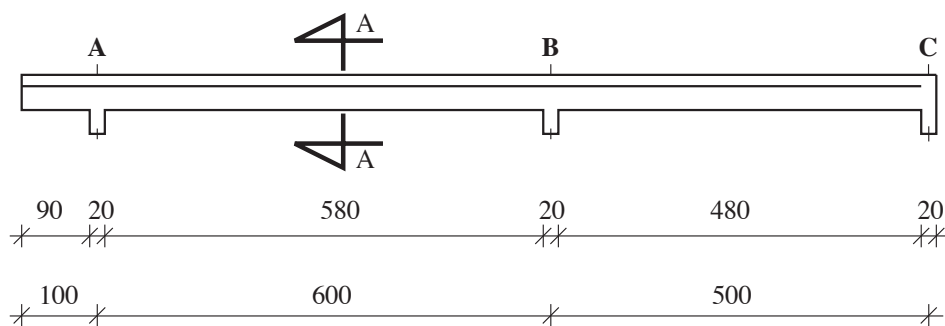
מעטפת כוחות הגזירה ומעטפת המומנטים של הקורה נתונות ומסורטטות באיור לשאלה.

בפתרון השאלה אין להתחשב במצבי העמסה מסוכנים.

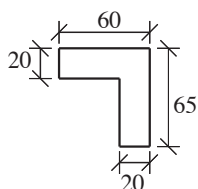
נתונים:

- סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי
- הפלדה: מצולעת מסוג פ-500 ($f_{sd} = 435 \text{ MPa}$)
- עובי שכבת כיסוי הבטון: $d_s = d_s' = 3 \text{ cm}$
- העומס הקבוע על הקורה, כולל משקלה העצמי: 20 kN/m
- העומס השימושי בשדה: 5 kN/m

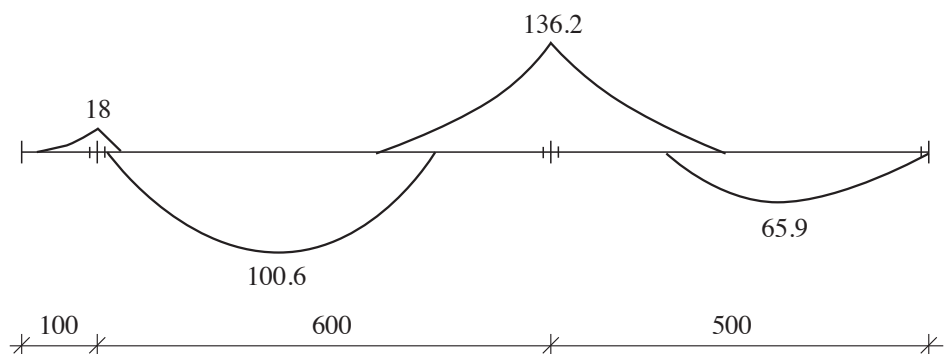
- (7 נק')** א. בדקו באמצעות חישוב אם הקורה עונה על דרישות הכפף של ת"י 466.
- (7 נק')** ב. חשבו את שטח הזיון הדרוש לכיסוי המומנט החיובי המרבי בקורה, ובחרו מוטות פלדה מתאימים בקוטר 12 mm .
- (4 נק')** ג. האם ניתן לסדר את שטח הזיון שחושב בסעיף ב' בשכבה אחת או שנדרש זיון בשכבות? **נמקו את תשובתכם** – תשובה ללא נימוק לא תתקבל. אם נדרש זיון בשכבות, **אין צורך לחשב שטח זיון מחדש**.
- (7 נק')** ד. עבור עומס התכן $F_{d_{max}}$, חשבו חישוקים לגזירה סמוך לשפה השמאלית של סמך A. יש להשתמש בחישוקים בקוטר 10 mm (הניחו כי מנת הזיון האורכי היא $\rho = 0.012$).



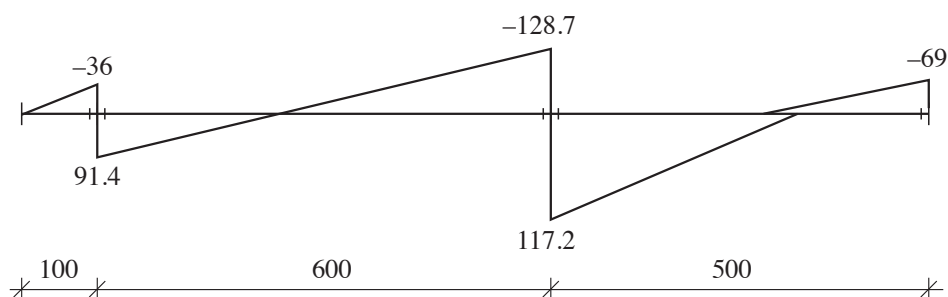
סכמה של קורה, ללא קנ"מ



חתך A-A, ללא קנ"מ



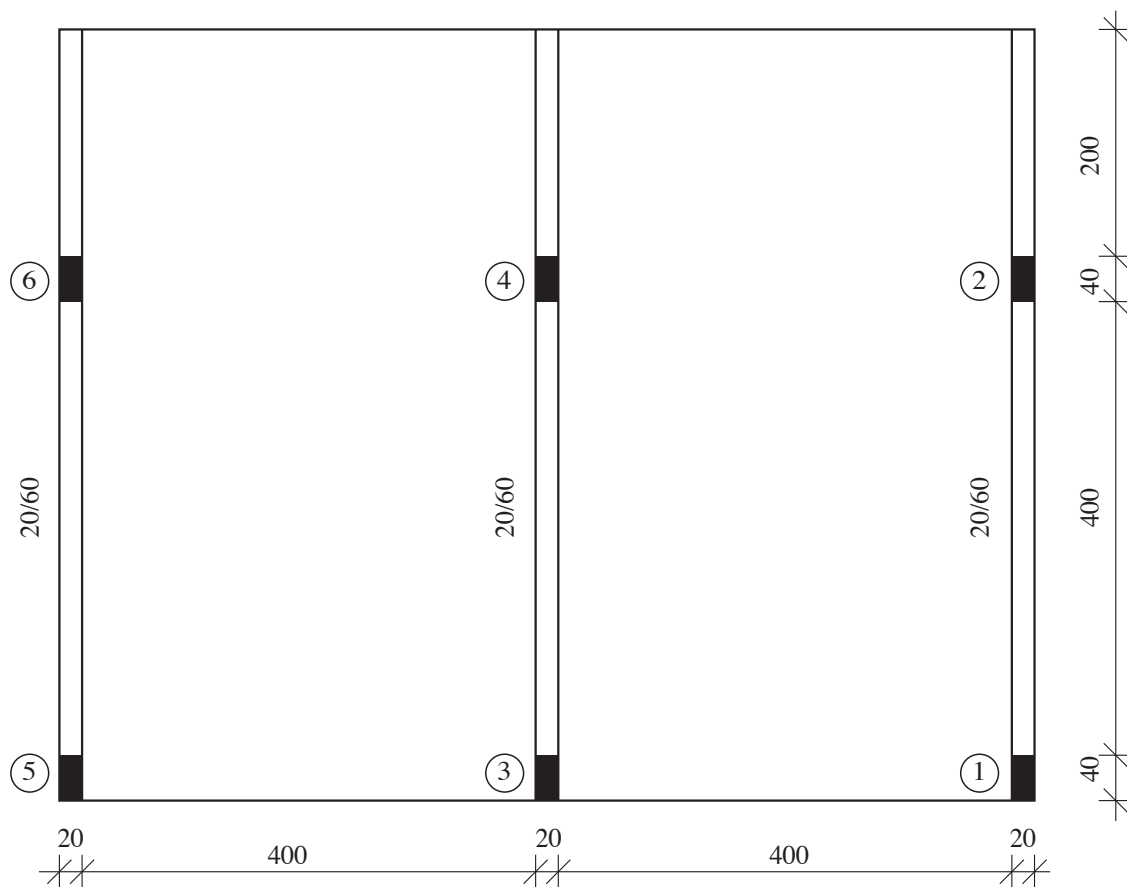
מעטפת מומנט כפיפה ביחידות ק"נ כפול מטר, ללא קנ"מ



מעטפת כוחות גזירה ביחידות ק"נ, ללא קנ"מ

איור לשאלה 5

בהצלחה!



נספח ב': מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 712933, אביב תשפ"ד

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
calcite aggregate	меловой агрегат	رُكَّام (حَصَى) جيرِّي / كِلْسِي	אגרגט גירי
buckling length	длина продольного изгиба	الطول لحساب الانهيار	אורך קריסה
shear force	поперечная (перерезывающая) сила	قُوَّة القص	כוח גזירה
distributed force	равномерно распределенная нагрузка	قُوَّة مُوزَّعة	כוח מפורס
concentrated force	сосредоточенная нагрузка	قُوَّة مُرَكَّزة	כוח מרוכז
axial force	продольная нагрузка	قُوَّة محوريَّة	כוח צירי
reaction force	(ответная) реакция	ردّ فعل / قُوَّة دافعة	כוח תגובה
design axial force	расчетная продольная нагрузка	قُوَّة محوريَّة للتخطيط	כוח תכן צירי
deflection	изгиб	ثَنِي / تَقْوُس	כפף
compression	сжатие	ضَغْط	לחיצה
combined stress	совместное усилие	جُهد مُرَكَّب	מאמץ משולב
diagram	лестничные марши	مُجَرَّيات / مَحْطَّطات	מהלכים
moment of inertia	момент инерции	عِزم الاستمراريَّة	מומנט התמד
bending moment	изгибающий момент	عِزم الثَّني	מומנט כפיפה
concentrated moment	сосредоточенный момент	عِزم مُرَكَّز	מומנט מרוכז
center of gravity	центр тяжести	مركز ثَقْل	מרכז כובד
self weight	собственный вес	وزن ذاتي	משקל עצמי
tension	растяжение	شدّ	מתיחה
mobile support	подвижная опора	مِسْنَد مُتَحَرِّك	סמך נייד
pinned support	неподвижная опора	مِسْنَد ثابت	סמך קבוע
fixed support	приваренная опора	مِسْنَد / مُرْتَكَز مُثَبَّت (مشدود)	סמך רתום
ribbed reinforced bars	профилированная арматура	حديد مُضَلَّع	פלדה מצולעת
compound profile	составной профиль	لَمَحَات مُرَكَّبة	פרופיל מורכב
joint	шарнир	مِفْصَل	פרק
by a joint	шарнирное соединение	بشكل مِفْصَلِي	פרקית (באופן פרקי)

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
dividing rib	разделительное ребро	ضلع مُقسَّم	צלע מחלקת
main rib	основное ребро	ضلع رئيسي	צלע עיקרית
latent beam	скрытая балка (в толщине перекрытия)	عَرَقَة / جِسْر مَخْفِي	קורה סמויה
welding	сварка	لِحَام	ריתוך
wear	истирание, износ	تَأْكُل	שחיקה
slenderness ratio	высокий элемент малого поперечного сечения	نُحُول	תמירות
slab floor	массивное перекрытие	سَقْف باطون مُسَلَّح	תקרה מקשית
two way slab floor	монолитное перекрытие, растянутое в двух направлениях	سَقْف باطون بِاتِّجَاهَيْن	תקרה מקשית מצולבת
two way ribbed floor	ребристое перекрытие, растянутое в двух направлениях	سَقْف أضلاع بِاتِّجَاهَيْن	תקרת ערוגות
ribbed floor	ребристое перекрытие	سَقْف أضلاع	תקרת צלעות