סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2026 מועד א'
סמל השאלון: 97153
קובץ: תשובות סופיות

תכנון הנדסי

הנדסת בניין · הנדסאים וטכנאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: יש לענות על 3 שאלות בלבד: שאלה אחת משאלות 1 ו־2; שתי שאלות משאלות 3, 4, 5, 6 ערך כל שאלה: 33 נקודות. נקודה אחת תינתן על התרשמות כללית. בסך הכול: 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון מדעי (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. קלסר אחד בלבד עם חומר הרצאות. אין להוציא דפים מהקלסר. 3. "סטטיקה, חוזק חומרים ובטון מזוין", טבלאות עזר למגמת בנייה ואדריכלות, בהוצאת המרכז לחינוך טכנולוגי חולון. 4. ת"י 413, ת"י 414, ת"י 412, ת"י 466 ות"י 1225. 5. סרגל מידה, סרגל קנ"מ ומשולש.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>: 1. יש להקפיד למלא מספר ת"ז ומספר מחברת בראש עמוד זה. 2. את כל התרשימים הנדרשים יש לערוך בקנ"מ מתאים. 3. רשמו את הנוסחאות שבהן אתם משתמשים כדי להסביר את דרך הפתרון. 4. יש להקפיד ולרשום ליד כל מספר את הכינוי שלו. הוראות כלליות: 1. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה ולוודא שהן מובנות. 2. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום המבחן יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות ייבדקו לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. לא ייבדקו תשובות עודפות. 3. יש לכתוב את התשובות במחברת הבחינה בעט כחול או שחור בלבד בכתב יד ברור. 4. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. 5. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לכתוב את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר עליו קו כדי שלא ייבדק. 6. יש להציג פתרון מלא ומנומק, כולל חישובים לפי הצורך. הצגת תשובה סופית ללא שלבי הפתרון לא תזכה בניקוד. 7. במידה וחסר נתונים - יש להשלים אותם לפי שיקול דעת הנדסי. הנחיות לשימוש ביחידות ובתקנים: 1. מותר להשתמש באחת משתי שיטות היחידות, אך השימוש חייב להיות עקבי לאורך כל הבחינה. 2. יש לרשום בעמוד הראשון של הבחינה: "אני משתמש ביחידות החדשות" או "אני משתמש ביחידות הישנות". 3. אם נבחן משתמש לסירוגין בשתי שיטות של היחידות שהוזכרו לעיל בתוך אותה השאלה או בשאלות שונות - בחינתו תיפסל. 4. אם הנבחן לא ימלא אף אחת מההנחיות לעיל, ייחשב הדבר בעת בדיקת הבחינה כאילו השתמש ביחידות החדשות. (יחידות ישנות/חדשות: 1 טון = 10 ק"נ; 1 טון/מ"א = 10 ק"נ/מ"א; 1 טון/מ"ר = 10 ק"נ/מ"ר; 1 טון מ' = 10 ק"נ מ'; מודול האלסטיות של הפלדה 2,100,000 ק"ג/סמ"ר = 210,000 מגפ"ס.)

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

תשובות סופיות

שאלה 1

א. $l_e = 2 \cdot 3.6 = 7.20\,\text{m}$ (העמוד אינו תמיר: $\lambda = 49.9 < \lambda_{min} = 56$)

ב. $e_d = 123.33\,\text{cm}$, $e_i = 1.80\,\text{cm}$, $e_{tot} = 125.13\,\text{cm} \;\rightarrow\; e_2 = 0$

ג. $3\Phi20 \;\rightarrow\; A_s = 8.79\,\text{cm}^2$ ($9.42\,\text{cm}^2$) בכל אחת מהפאות הניצבות ל־X (בסך הכול $6\Phi20$)

ד. $e = 0.263\,\text{m} < \frac{L}{6} = 0.50\,\text{m}$ - השקול בשליש התיכון

ה. פילוג טרפזי: $\sigma_{max} = 70.2\,\text{kN/m}^2$ בקצה הימני (צד הגגון), $\sigma_{min} = 21.8\,\text{kN/m}^2$ בקצה השמאלי

שאלה 2

א. 10 עמודים 20/60: ע1, ע2, ע3 בקיר הדרומי; ע4, ע5 בקטעי הקיר שבין החלונות; ע6, ע7, ע8 על קו המחיצה בין האולם למטבח; ע9, ע10 בקיר הצפוני של המטבח

ב. ת1 (אולם 9×9) - מצולבת על קורות היקפיות; ת2 (מטבח 6×3) - חד־כיוונית צפון־דרום; ת3 (גג בולט) - זיז 2.50 מ' מקורה ק3; סכמות: ק2–ק3 (9.00) + זיז 2.50; ק1–ק4 (9.00) + ק4–ק5 (3.00)

ג. תקרה $h = 35\,\text{cm}$; הקורה המוטרחת ביותר ק4 (מפתח 6.00 מ' בין ע7 לע8): $20/65$

ד. תוכנית: D=35 ס"מ, קורות 20/65; זיון תחתון רשת בשני הכיוונים באולם ובכיוון צפון־דרום במטבח, מעוגן בווים בקורות; זיון עליון מעל ק3 לאורך כל הזיז (עם וו בקצה) ומעל ק4, ורשת עליונה בפינות

שאלה 3

א. אין קומה גמישה ואין קומה חלשה, יש רציפות אנכית, אך ההיצרות בקומה ד ($\frac{3}{21} = 14.3\% > 10\%$, בצד אחד) - המבנה אינו סדיר במתווה האנכי

ב. קומות קרקע-ג: $(x_c, y_c) = (8.00,\ 11.08)\,\text{m}$; תקרת קומה ד: $(8.00,\ 10.52)\,\text{m}$

ג. $(x_{ck}, y_{ck}) = (8.00,\ 4.22)\,\text{m}$

ד. $A = 310.63\,\text{m}^2$ (תקרות קרקע-ג); תקרת קומה ד: $231.0\,\text{m}^2$

ה. $F_H = 3512.6\,\text{kN}$; בתקרות קרקע, א, ב, ג, ד:
$257.6,\ 515.1,\ 772.7,\ 1030.3,\ 936.9\,\text{kN}$

ו. $e_y = 6.86\,\text{m}$ (קרקע-ג), $6.30\,\text{m}$ (ד);
$M_T = 1767.4,\ 3534.8,\ 5302.2,\ 7069.6,\ 5900.6\,\text{kNm}$

שאלה 4

א. ק"ר1, ק"ר2 - שתי קורות ראשיות (מיתרים) לאורך שתי שפות המדרגות, מפתח 8.80 מ' בין המבנים; ק"מ1–ק"מ10 - קורות משניות רוחביות באורך 1.80 מ', במרווח של עד 1.00 מ'

ב. ק"מ: קורה פשוטה על ק"ר1–ק"ר2, $L = 1.80$ מ', $q = 8.0$ ק"נ/מ', $R = 7.2$ ק"נ; ק"ר: קורה פשוטה על תקרות המבנים, $L = 8.80$ מ' (בהיטל), $q = 7.2$ ק"נ/מ', $R = 31.68$ ק"נ

ג. קורה ראשית: IPB 200 ($\sigma = 122.3\,\text{MPa} < 140$); קורה משנית: IPB 100 ($\sigma = 36.0\,\text{MPa} < 140$)

ד. עמודון מעקה - זיז רתום לקורה הראשית, גובה 1.10 מ', כל 0.80 מ': $P = 1.2$ ק"נ, $M = 1.32$ ק"נ·מ' → IPN 80 ($\sigma = 67.7\,\text{MPa} < 140$)

ה. פלטת פלדה מעוגנת בברגי עיגון כימיים לשפת התקרה; בצד אחד חיבור נייח (חורים עגולים), בצד השני נייד (חורים אובליים + יריעת החלקה) כדי לאפשר תזוזה יחסית בין המבנים

שאלה 5

א. $+6.00$: מצולבת על קורות, $h_{req} = 15.9 < 17\,\text{cm}$ - עומדת; $+3.00$: חד־כיוונית על קורות A, B, C, $h_{req} = 22.9 < 25\,\text{cm}$ - עומדת

ב. שני עומסים מרוכזים $P = 216.7\,\text{kN}$ (עמודים 2 ו־5, באמצע כל מפתח) ועומס מפורס $f = 111.15\,\text{kN/m}$

ג. $60/65$ קורה → $h_{req} = 61.6\,\text{cm}$

ד. $P_d = 310.8\,\text{kN}$, $f_d = 163.41\,\text{kN/m}$; מעל עמוד 11: $M^- = -1146.5\,\text{kNm}$, $V = 846.9\,\text{kN}$

ה. $A_s = 54.9\,\text{cm}^2$ (עליון) → $12\Phi25$ בשתי שכבות; זיון לחוץ $A'_s = 13.3\,\text{cm}^2$ (תחתון) → $3\Phi25$

שאלה 6

א. $K_a = 0.217$; פילוג טרפזי: $4.29\,\text{kN/m}^2$ בראש הקיר ו־ $17.78\,\text{kN/m}^2$ בתחתית היסוד ($H = 3.10\,\text{m}$)

ב. $E_1 = 13.31\,\text{kN/m}$, $1.55\,\text{m}$ מ־ $E_2 = 20.90\,\text{kN/m}$, $1.03\,\text{m}$ מ־ מתחתית היסוד; בסך הכול $E = 34.21\,\text{kN/m}$

ג. $FS_s = \frac{0.4 \cdot 51.25}{34.21} = 0.60 < 1.5$ - הקיר אינו יציב בהחלקה

ד. $FS_o = \frac{61.61}{42.23} = 1.46 < 2.0$ - הקיר אינו יציב בהיפוך

ה. זיון ראשי אנכי בפנים האחוריות (צד הקרקע) של גוף הקיר, מכופף ל־L לתחתית היסוד וממשיך עד קצה הבוהן; זיון תחתון ראשי ביסוד; זיון מינימלי בפנים הקדמיות ובפני היסוד העליונים; זיון אופקי לחלוקה; כיסוי 5 ס"מ

ו. לא - $FS_s = 0.60 < 1.5$ ו־ $FS_o = 1.46 < 2.0$ (והשקול מחוץ לשליש התיכון)

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat