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

תכנון הנדסי

הנדסת בניין · הנדסאים וטכנאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה 6 שאלות. יש לענות על שאלה **אחת מבין השאלות 1 ו-2** ושתי שאלות נוספות לפי בחירה יש לענות על **3 שאלות בלבד**. ערך כל שאלה: 33 נקודות. נקודה אחת תינתן על התרשמות כללית. **בסך הכול: 100 נקודות.** ענו על שאלה אחת מתוך השאלות 1-2. ערך כל שאלה 33 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 מזויין", 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. אם לדעתכם חסר נתון בשאלה. יש לציין זאת ולהוסיף נתון מתאים שיאפשר לכם להמשיך בפתרון השאלה, נמקו את בחירתכם. הנחיות כלליות לכל השאלות - 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 השיטות של היחידות שהוזכרו לעיל, באותה השאלה או בשאלות שונות- **בחינתו תיפסל**. 4. אם הנבחן לא ימלא אף אחת מההנחיות לעיל, ייחשב הדבר בעת בדיקת הבחינה כאילו השתמש ביחידות החדשות. | תיאור | יחידות ישנות | יחידות חדשות | |---|---|---| מודל אלסטיות של הפלדה | 2,100,000 ק"ג/סמ"ר | 210,000 מגפ"ס | | המשקל המרחבי של הבטון | 2.5 טון/מ"ק | 25 ק"נ/מ"ק | | כוח מרוכז ב: | 1 טון | 10 ק"נ | | כוח מפורס ליחידת אורך ב: (מ"א= מטר אורך) | 1 טון/מ"א | 10 ק"נ/מ"א | | כוח מפורס ליחידת שטח ב: (מ"ר= מטר ריבוע) | 1 טון/מ"ר | 10 ק"נ/מ"ר | | מומנט ב: (מ'= מטר) | 1 טון מ' | 10 ק"נ מ' |

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. $A = 4.00 \cdot 7.60 = 30.4\,\text{m}^2$, $N_d = 608\,\text{kN}$ (60.8 טון)

ב. $k_{top} = 0.225$, $k_{bot} = 0$; $\beta = 1.184$; $l_e = 1.184 \cdot 2.95 = 3.49\,\text{m}$
($\lambda = 20.2 < \lambda_{min} = 25$)

ג. $e_d = 2.0\,\text{cm}$, $e_i = 0.87\,\text{cm}$, $e_2 = 0$ (העמוד אינו תמיר): $e_{tot} = 2.87\,\text{cm}$

ד. מבחינת החישוב לא נדרש זיון ($A_s < 0$); קובע זיון מינימלי $0.002bh = 6.0\,\text{cm}^2$ לכל פאה:
$3\Phi16$ ($6.03\,\text{cm}^2$) בכל פאה של 50 ס"מ, סה"כ $6\Phi16$

ה. $B = \frac{180+70}{200} = 1.25\,\text{m}$

ו. פילוג אחיד: $\sigma_d = \frac{364}{1.25} = 291.2\,\text{kN/m}^2$ לכל רוחב היסוד

ז. נדרש $d \geq 14.7\,\text{cm}$ ($H \geq 19.7\,\text{cm}$); נבחר $H = 25\,\text{cm}$ ($d = 20\,\text{cm}$):
$V_{Ed} = 51.0 < V_{Rd,c} = 90.7\,\text{kN/m}$

ח. $M_d = 20.5\,\text{kNm/m}$, $A_s = 2.48\,\text{cm}^2/\text{m} < A_{s,min} = 3.75$ $\leftarrow$ $\Phi10@20$
($3.93\,\text{cm}^2/\text{m}$) בתחתית, בניצב לקיר

שאלה 2

א. צלעות: $h_{req} = 20.4 \leq 25\,\text{cm}$ ✓; ערוגות: $h_{req} = 26.2 \leq 30\,\text{cm}$ ✓ - שתי התקרות עומדות בדרישה

ב. צלעות: $q_d = 13.25\,\text{kN/m}^2$; ערוגות: $q_d = 15.45\,\text{kN/m}^2$

ג. לרוחב 1 מ': $m_{x,B} = -67.8$, $m_x^+ = 27.5$, $m_y^+ = 20.2\,\text{kNm/m}$ (לצלע ברוחב 0.70 מ': -47.4 , 19.3 , $14.2\,\text{kNm}$)

ד. $M_B = -\frac{ql^2}{8} = -43.9\,\text{kNm/m}$ (-30.7 לצלע); $M^+ = \frac{9ql^2}{128} = 24.7\,\text{kNm/m}$
(17.3 לצלע)

ה. $M_B = -\frac{67.8+43.9}{2} = -55.8\,\text{kNm/m}$ ($-39.1\,\text{kNm}$ לצלע)

ו. לצלע: A 0 ; שדה צלעות $+14.3\,\text{kNm}$ (1.74 מ' מ-A); B $-39.1\,\text{kNm}$; שדה ערוגות כ-C 0 ; $+23.5\,\text{kNm}$

ז. בפני קורה B: $M = 35.9\,\text{kNm}$, $A_s = 4.80\,\text{cm}^2$ $\leftarrow$ $2\Phi18$ ($5.09\,\text{cm}^2$) עליון

ח. זיז 1.60 מ' ומפתח 5.10 מ': $M_A = -12.1\,\text{kNm}$, $M^+ = 25.0\,\text{kNm}$ (2.30 מ' מ-B);
$R_A = 41.6$, $R_B = 21.7\,\text{kN}$

שאלה 3

א. קומות טיפוסיות (משרדים): $\psi = 0.2$; גג ללא גישה: $\psi = 0$

ב. $I = 1.0$

ג. $H = 20.2\,\text{m}$, $T = 0.05 \cdot 20.2^{3/4} = 0.476\,\text{s}$

ד. $F_a = 1.2$, $F_v = 1.7$: $S_{DS} = 0.288$, $S_{D1} = 0.085$, $T_s = 0.295\,\text{s}$; $T > T_s$ $\leftarrow$ $S_a = \frac{0.085}{0.476} = 0.178$

ה. $C_d = \frac{0.178 \cdot 1.0}{1.5} = 0.119$

ו. תקרה טיפוסית $A = 325.2\,\text{m}^2$; גג $A = 247.7\,\text{m}^2$

ז. $W = 30792\,\text{kN}$, $F = 4619\,\text{kN}$; קרקע 271, א' 494, ב' 716, ג' 939, ד' 1161, ה' (גג) 1037 kN

ח. חלק פיר המעלית מהקשיחות בכיוון Y : $\frac{10.31}{34.64} = 0.298$; קרקע 80.7, א' 147.0, ב' 213.2, ג' 279.5, ד' 345.7, ה' (גג) 308.8 kN (סה"כ 1375 kN)

ט. גזירה מצטברת מלמעלה: ה' (גג) 309, ד' 655, ג' 934, ב' 1147, א' 1294, קרקע 1375 kN; בבסיס 1375 kN

י. M בבסיס (רפסודה) 19339 kNm; מהלך קווי בתוך כל קומה, אפס בגג

שאלה 4

א. עמודים C1 ב- $(x, y) = (5.00,\ 2.00)$ ו-C2 ב- $(5.00,\ 8.00)\,\text{m}$ – 1.00 מ' משמאל לשפת הפתח, בקו הפינות שלו

ב. קורה ראשית B1 בכיוון Y על הקו $x = 5.00$ (על C1, C2, זיזים 2 מ'); קורות משניות בכיוון X כל 1.00 מ' ($y = 0, 1, \ldots, 10$): S1 ($y = 3..7$), S2 ($y = 2, 8$), S3 ($y = 1, 9$), S4 ($y = 0, 10$)

ג. S1: קורה עם זיז 1.00+5.15 מ', $9\,\text{kN/m}$; S2/S3/S4: רציפות 4.15+5.15 מ' (9 ; 9 ו- 4.5 ; $4.5\,\text{kN/m}$); B1: קורה עם שני זיזים 2.00+6.00+2.00 מ' עם הריאקציות כעומסים מרוכזים כל 1 מ' (26.4, 52.8, 45.9, 33.0×5, ... kN)

ד. B1: $M = 105.6\,\text{kNm} \rightarrow$ IPB 240 ($W = 938\,\text{cm}^3$, $\sigma = 112.6\,\text{MPa}$); S1: $M = 27.6\,\text{kNm} \rightarrow$ IPB 140 ($W = 216\,\text{cm}^3$, $\sigma = 127.9\,\text{MPa}$) – שניהם $< 140\,\text{MPa}$

ה. ניצב = זיז רתום באורך $1.20\,\text{m}$ עם $P = 2 \cdot 0.50 = 1.0\,\text{kN}$ בראשו: $M = 1.2\,\text{kNm}$, $W_{req} = 8.6\,\text{cm}^3 \rightarrow$ RHS 60/60/3 ($W \approx 11.7\,\text{cm}^3$, $\sigma \approx 103\,\text{MPa}$)

ו. B1 (IPB 240) רציפה מעל העמוד, מונחת על פלטת ראש מרותכת לעמוד ומחוברת ב-4 ברגים (M16) דרך הפלנג' התחתון; צלעות הקשחה בדופן הקורה מעל העמוד

שאלה 5

א. +7.50: תקרה מקשית ללא קורות, נדרש $25.8 > 25\,\text{cm}$ - אינה עומדת (בקושי); +3.75: מקשית חד-כיוונית על קורות עם זיזים, נדרש $18.1 \le 20\,\text{cm}$ - עומדת

ב. קורה פשוטה ג-3, $L = 7.40\,\text{m}$; $w = 50.3\,\text{kN/m}$ לכל האורך + $P = 127.6\,\text{kN}$ מכל אחד מהעמודים A, B (1.20 מ' מכל סמך)

ג. $h_{req} = \frac{740}{9.14} = 81.0\,\text{cm}$, $k_{12} = 9.14$, $f_{ser} = 50.3 + 25.9 = 76.2\,\text{kN/m}$ ← קורה 40/85

ד. $M_{max} = 709.8\,\text{kNm}$; $R = 447.5\,\text{kN}$; $P_d = 181.7\,\text{kN}$, $w_d = 71.8\,\text{kN/m}$ (באמצע), M מתחת לעמודים $485.3\,\text{kNm}$

ה. $d \approx 80\,\text{cm}$, $\omega = 0.243$, $A_s = 23.2\,\text{cm}^2$ ← $5\Phi25$ ($24.5\,\text{cm}^2$) תחתון

שאלה 6

א. $K_a = \tan^2(27.5^\circ) = 0.271$; זיז $l = 1.925\,\text{m}$; טרפזי: σ_a בראש $2.71\,\text{kN/m}^2$ הקיר עד $14.71\,\text{kN/m}^2$ בבסיס

ב. $E_q = 5.22\,\text{kN/m}$ ב- $0.96\,\text{m}$ מעל הבסיס; $E_s = 11.55\,\text{kN/m}$ ב- $0.64\,\text{m}$; סה"כ $16.76\,\text{kN/m}$

ג. $E_{q,d} = 8.35$, $E_{s,d} = 16.17$, $V_d = 24.5\,\text{kN/m}$; $M_d = 18.4\,\text{kNm/m}$ בבסיס (בפני הרצפה 15.5); מהלך מעוקב, אפס בראש

ד. זיז רתום בקיר A, $l = 2.05\,\text{m}$; $q_d = 13.25\,\text{kN/m}^2$; בקצה: $P_d = 15.75\,\text{kN/m}$ (משקל הקיר), $M_d = 18.4\,\text{kNm/m}$ (מהקיר) ו- $H_d = 24.5\,\text{kN/m}$ (אופקי)

ה. $M(s) = 18.4 - 15.75s - 6.625s^2$: $+18.4$ בקצה, אפס ב-0.86 מ' מהקצה, $-41.7\,\text{kNm/m}$ בציר קיר A (-36.5 בפניו)

ו. לרוחב 1 מ' (תכן): $V_d = 42.9\,\text{kN/m}$ כלפי מטה, $H_d = 24.5\,\text{kN/m}$ אופקי, $M_d = 41.7\,\text{kNm/m}$ (שירות: $V = 30.2\,\text{kN/m}$)

ז. ראשי: בקיר החצר - אנכי בפאה שבצד הקרקע, ממשיך בכפף לתחתית הרצפה; ברצפה - עליון מעוגן בקיר A; משני: מוטות חלוקה בניצב בכל הפאות

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