סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2025 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: 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 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 כינוי היחידה המתאימה. 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. 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. | תיאור | יחידות ישנות | יחידות חדשות | |---|---|---| | מודל אלסטיות של הפלדה | 2,100,000 ק"ג/סמ"ר | 210,000 מגפ"ס | | כוח מרוכז | 1 טון | 10 ק"נ | | כוח מפורס ליחידת אורך | 1 טון/מ"א | 10 ק"נ/מ"א | | כוח מפורס ליחידת שטח | 1 טון/מ"ר | 10 ק"נ/מ"ר | | מומנט | 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.** $N_d = 3120\,\text{kN}$ (312 טון), $\lambda_{min} = 12.84$

**ב.** $l_{0,y} \approx 4.22\,\text{m}$ (מקדם $1.32$ על הגובה החופשי $3.20\,\text{m}$); $\lambda_y = 36.6 > \lambda_{min}$ - עמוד תמיר

**ג.** יסוד ריבועי $3.35 \times 3.35\,\text{m}$ (נדרש $A = 11.0\,\text{m}^2$)

**ד.** בפני העמוד (לרוחב 1 מ'): $V = 398.8\,\text{kN/m}$ , $M = 274.1\,\text{kNm/m}$; לכל רוחב היסוד: $V = 1336\,\text{kN}$ , $M = 918\,\text{kNm}$

**ה.** $A_s = 12.06\,\text{cm}^2/\text{m} \leftarrow \phi16@15$ ($13.40\,\text{cm}^2/\text{m}$) בתחתית, בשני הכיוונים

**ו.** $V_{Rd,c} \approx 611\,\text{kN}$ (182 kN/m); $V_{Ed}$ במרחק $d$ מפני העמוד $= 801\,\text{kN} > V_{Rd,c}$ - יש להגדיל את עובי היסוד (למשל ל-75 ס"מ)

### שאלה 2

**א.** ברוחב רבע המפתח הקצר מכל צד של קו העמודים (כ-1.60 מ', וכ-1.35 מ' ליד w1) - רצועות עמוד; ביניהן רצועות אמצע; לאורך הקירות - רצועות קיר (פירוט בפתרון)

**ב.** $h_{req} = 29.7\,\text{cm} \leftarrow h = 30\,\text{cm}$

**ג.** לרוחב 1 מ' ברצועת העמוד: שדה w3-A $+92.2$ , סמך A $-140.9$ , שדה A-C $+67.6$ , סמך C $-140.9$ , שדה C-w1 $+65.3\,\text{kNm/m}$; בקירות 0

**ד.** סמכים A, C: $\phi16@14$ עליון ($13.53\,\text{cm}^2/\text{m}$); שדה w3-A: $\phi16@20$; שדות A-C ו-C-w1: $\phi16@25$ תחתון

**ה.** $R_C \approx 367\,\text{kN}$ (עומס תכן)

**ו.** $V_{Ed} = 513\,\text{kN} > V_{Rd,c} = 421\,\text{kN}$ - קיימת בעיית חדירה ($V_{Rd,max} = 653\,\text{kN}$); פתרון: עיבוי מקומי/ראש עמוד, הגדלת העמוד או זיון חדירה

**שאלה 3**

**א.** המבנה אינו סדיר במתווה האופקי: המגרעות בפינות ( $3.0/16.0 = 18.8\%$ ) והשקעים בצדדים ( $2.5/16.0 = 15.6\%$ , $3.85/16.0 = 24\%$ ) גדולים מ-15% ממידות המבנה

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

**ג.** $I = 1.0$

**ד.** $T = 0.455\,\text{s}$

**ה.** $S_{DS} = 0.24$ , $S_{D1} = 0.096$ , $T_s = 0.40\,\text{s}$ ; $T > T_s \leftarrow S_a = 0.211$

**ו.** $C_d = 0.141 \approx 0.14$

**ז.** מרכז הכובד $(x_c, y_c) = (8.00,\ 8.00)\,\text{m}$ - במרכז הפתח

**ח.** מרכז הקשיחות $(x_k, y_k) = (8.00,\ 8.73)\,\text{m}$

**ט.** $A = 202.75\,\text{m}^2$

**י.** $F = 2611\,\text{kN}$ : קרקע א' 373.1, ב' 526.8, ג' 680.4, ד' 811.5 kN 219.5,

**שאלה 4**

**א.** $K_a = 0.283$ , $K_p = 4.60$ ; אקטיבי: $2.83\,\text{kN/m}^2$ בראש הקיר עד $35.06\,\text{kN/m}^2$ בבסיס; פאסיבי: 0 עד $121.4\,\text{kN/m}^2$ בבסיס

**ב.** $E_{a,q} = 16.11\,\text{kN/m}$ ב-2.85 מ', $E_{a,s} = 91.85\,\text{kN/m}$ ב-1.90 מ' (סה"כ 107.97 ); $E_p = 72.85\,\text{kN/m}$ ב-0.40 מ' מעל הבסיס

**ג.** $B = 2.25\,\text{m} \leftarrow B \geq 2.22\,\text{m}$ (עבור $F_s = 1.5$ )

**ד.** $F_o = \frac{818.96}{220.45} = 3.71 \geq 2.0$

**ה.** כן: החלקה $F_s = 1.90 \geq 1.5$ , היפוך $F_o = 3.71 \geq 2.0$

**ו.** $e = 0.389\,\text{m} < L/6 = 0.567\,\text{m}$ ; $\sigma_{max} = 226.3\,\text{kN/m}^2$ (בוהן), $\sigma_{min} = 42.2\,\text{kN/m}^2$ (עקב)

**שאלה 5**

**א.** עמודים C1, C2 בפינות על ציר 1; קורה ראשית B1 על ציר 1 (5.00 מ'); קורות משניות (מיתרים) S1–S3 כל 100 ס"מ, מתקרות הבטון בציר 2 עד ציר 1 (4.30 מ' בהיטל)

**ב.** S1: פשוטה 4.30 מ', $10\,\text{kN/m}$ ; S2: פשוטה 4.30 מ', $5\,\text{kN/m}$ על 2.80 מ' ו- $10\,\text{kN/m}$ על 1.50 מ'; S3: פשוטה 4.30 מ', $5\,\text{kN/m}$ ; B1: פשוטה 5.00 מ' עם C1–C2 ב-1, 2, 3, 4 מ' $21.5,\ 16.94,\ 16.94,\ 21.5\,\text{kN}$

**ג.** B1: IPN 260 ( $W = 442\,\text{cm}^3$ , $\sigma = 125.3\,\text{MPa}$ ); S1: IPN 200 ( $W = 214\,\text{cm}^3$ , $\sigma = 108.0\,\text{MPa}$ ) - שניהם $< 140\,\text{MPa}$

**ד.** $N = 49.2\,\text{kN}$ ; RHS 100/100/4 ( $A = 14.9\,\text{cm}^2$ , $i = 3.89\,\text{cm}$ ): $\lambda = 134$ , $\omega = 3.02$ , $\sigma = 996\,\text{kg/cm}^2 < 1400$

**שאלה 6**

**א.** +7.00: מקשית ללא קורות על 4 עמודים, $h_{req} = 27.8 \le 28\,\text{cm}$ ✓; +4.00: מקשית חד-כיוונית על קורות, $h_{req} = 27.9 \le 28\,\text{cm}$ ✓

**ב.** עומס מפורס $71.68\,\text{kN/m}$ לכל אורך הקורה ועומס מרוכז $83.25\,\text{kN}$ מכל אחד מהעמודים 5 (קצה הזיז) ו-3

**ג.** הזיז קובע: $h_{req} = 90.1\,\text{cm} \leftarrow$ קורה $50/95$

**ד.** $q_d = 101.05\,\text{kN/m}$ , $P_d = 117.9\,\text{kN}$ ; $M_3 = -939.3\,\text{kNm}$ , $M^{+}_{max} = 180.8\,\text{kNm}$ ; $R_1 = 191.1$ , $R_3 = 1045\,\text{kN}$ (כולל עמוד 3); $V$ : $-451.4/+475.8$ ליד עמוד 3, $-191.1$ בעמוד 1

**ה.** עליון מעל עמוד 3: $A_s = 26.6\,\text{cm}^2 \leftarrow 6\phi25$ (29.45); תחתון בשדה: $A_s = 4.86 < A_{s,min} = 6.75\,\text{cm}^2 \leftarrow 4\phi16$ (8.04)

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