

שדרוג בתי ספר קיימים לרעידות אדמה – קריית טבעון

כנס מהנדסי רשויות מקומיות 28.05.18

מציגים: אדר' מריוס ראפ
מהנדס ויקטור בורביע

תוכן ההרצאה

- נתוני הפרויקט המוצג
- היבטי התכנון
- התארגנות ולוגיסטיקה
- היבטי הביצוע
- לקחים, המלצות להמשך

נתוני הפרויקט

שם בית הספר: תיכון אורט גרינברג

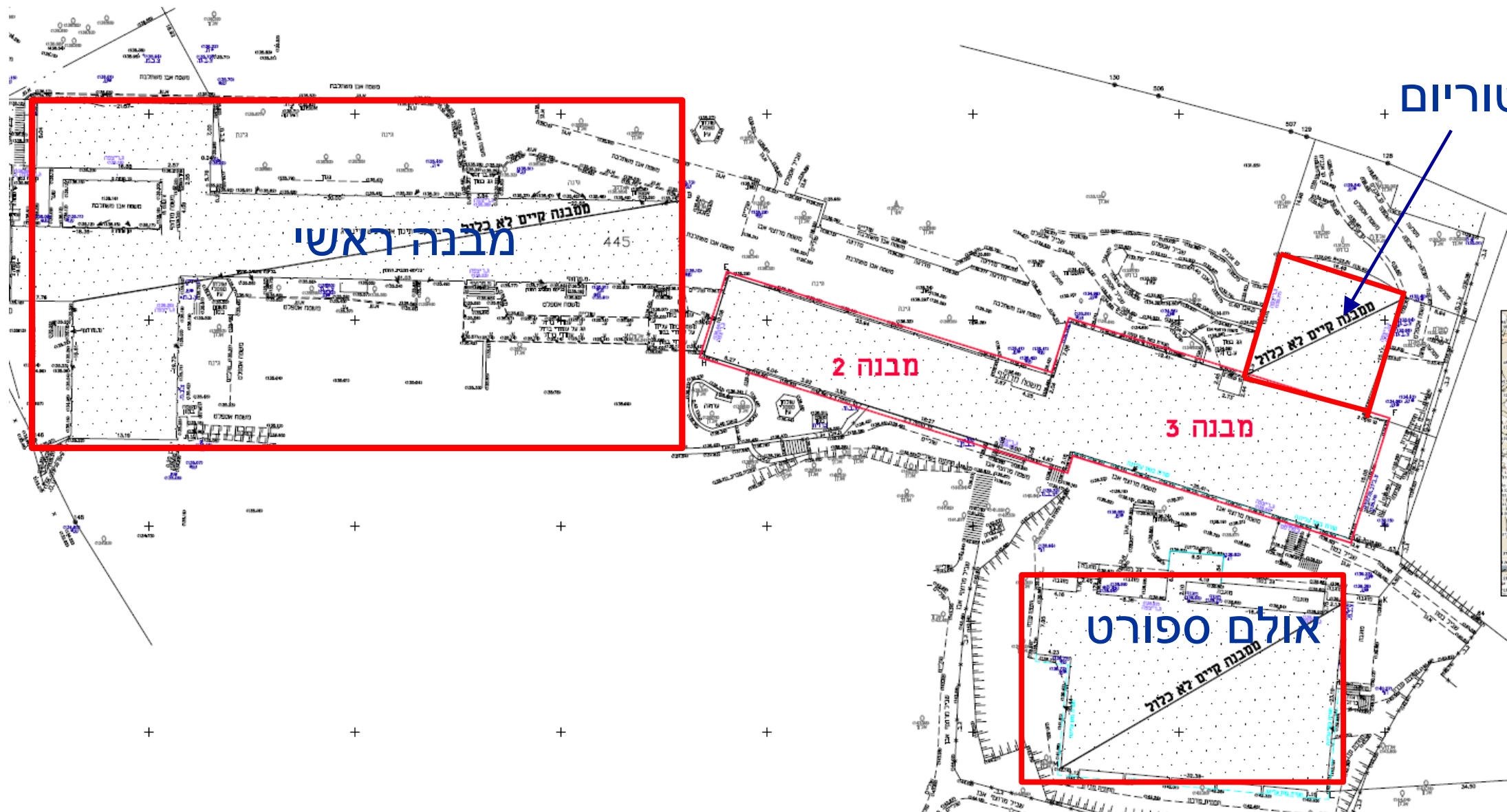
צוות התכנון: ויקטור בורביע + א.ב. מתכננים – מילה בורדיוז'ה, אורן סביון

מבנים בשטח בית הספר: מבנה ראשי, מבנה כיתות (מס' 2), מבנה מעבדות וכיתות (מס' 3), אולם ספורט, אודטוריום.

המבנים ששדורגו הינם מבנים מס' 2,3

מפת בית הספר

אודטוריום



נתוני המבנים ששודרגו

תאור מבנה-2:

מבנה בעל 3 קומות,

למבנה אין מרתף ומקלט, בצידו הימני של המבנה יש תפר קונס'

סה"כ כיתות: 15

שנת בניה: 1960

שטח כל קומה: 482 מ"ר

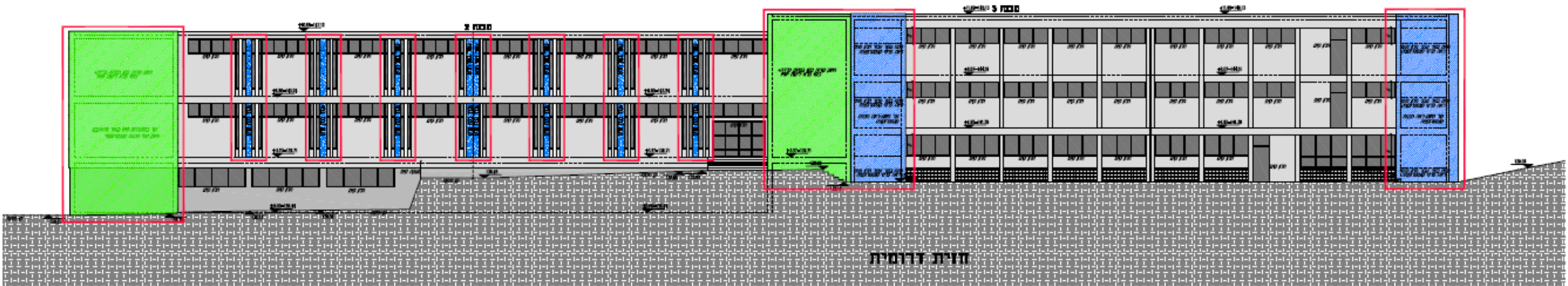
סה"כ: 1446 מ"ר.

נתוני המבנים ששודרגו

תאור מבנה-3:

מבנה בעל 4 קומות,
למבנה יש קומת מרתף, בצידו השמאלי של המבנה יש תפר קונס'
סה"כ כיתות: 21 כולל מעבדות ואודיטוריום 1-
שנת בניה: 1965
שטח קומת מרתף: 434 מ"ר
שטח קומת קרקע: 608 מ"ר
שטח קומה א': 608 מ"ר
שטח קומה ב': 608 מ"ר
סה"כ: **2258 מ"ר**.





היבטי תכנון

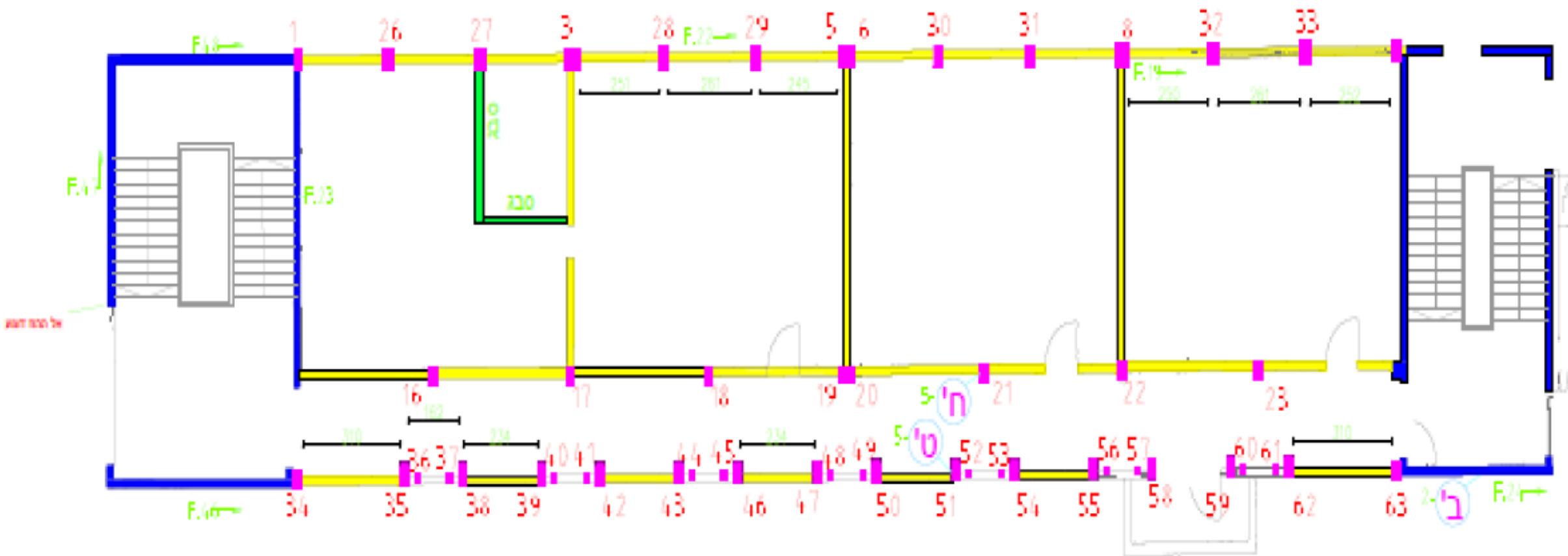
- סקר מהנדס יועץ מטעם משרד החינוך – סדרי עדיפויות שדרוג
- מדידה – חלק מהליך מדידה להיתר + מדידה פנימית ושרטוט חזיתות וחתכי המבנה
- איתור תוכניות בארכיב הרשות המקומית
- נוהל הגשת שטחים לאישור כבסיס לתכנון + הרשאה לתקצוב הרשות
- בדיקות מעבדה ובדיקות לא הורסות בהתאם לנוהל – לרבות בדיקת יסודות
- סקר קרקע ודוח ביסוס
- בדיקת מבנה קיים לרעידת אדמה וזיהוי נקודות חלשות במבנה
- תכנון חלופות לשדרוג והגשת חלופה נבחרת לאישור
- תכנון מפורט למכרז ולביצוע – תוך התחשבות בתקציב הביצוע 1,500 ₪ למ"ר.

היבטי תכנון – מבנה מס' 2



קומה א'

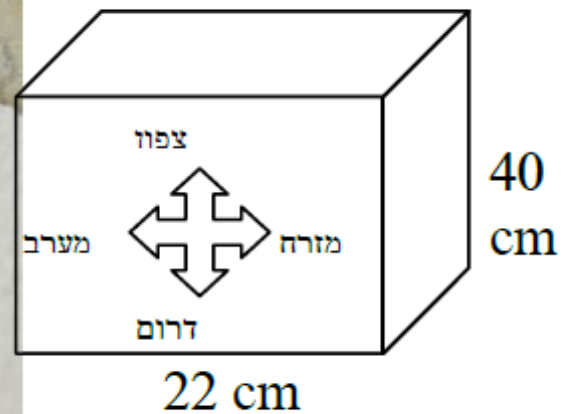
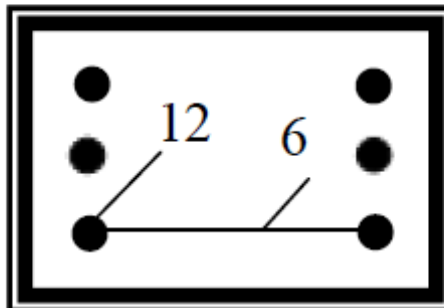
■ בלוק
 ■ בטון ללא זיון
 ■ עמוד
 ■ גבס



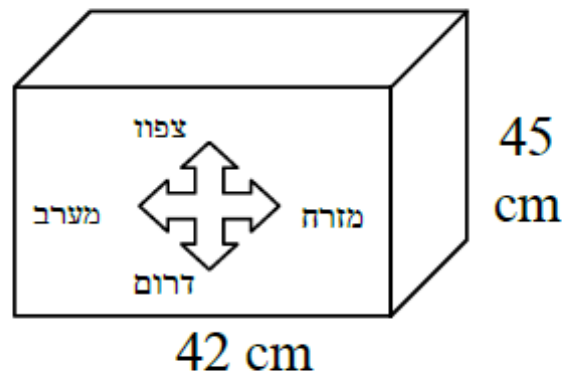
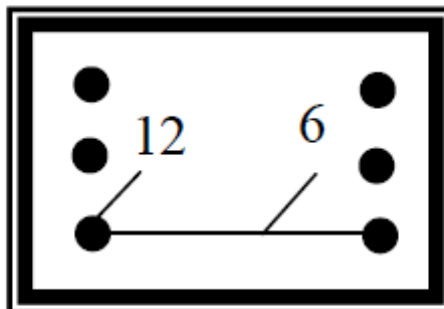
היבטי תכנון – מבנה מס' 2

פרט זיון בעמודים :

א. קומת קרקע מבנה 2: עמוד מס' 11



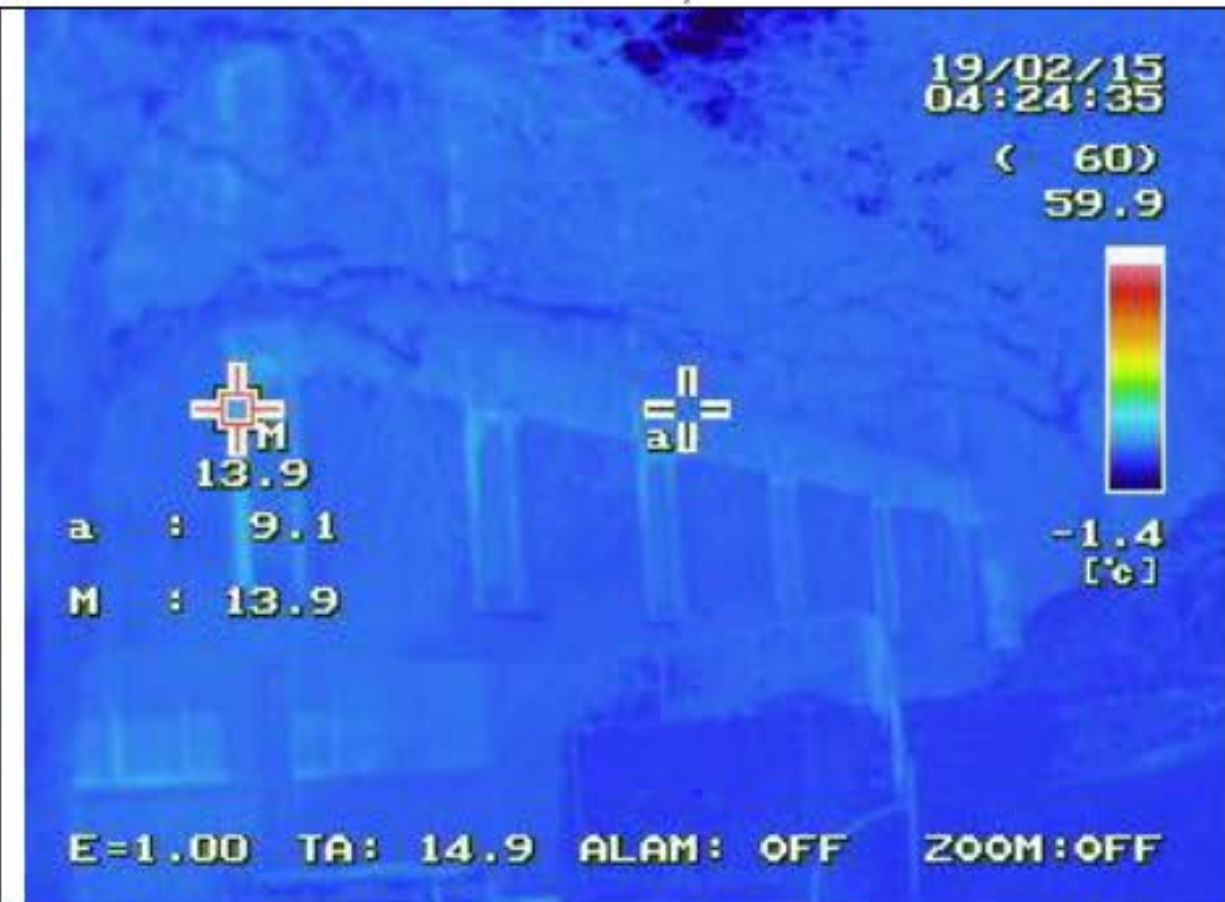
ב. קומת קרקע מבנה 2: עמוד מס' 66



היבטי תכנון – מבנה מס' 2

תמונות תרמוגרפיות – חזיתות המבנה :

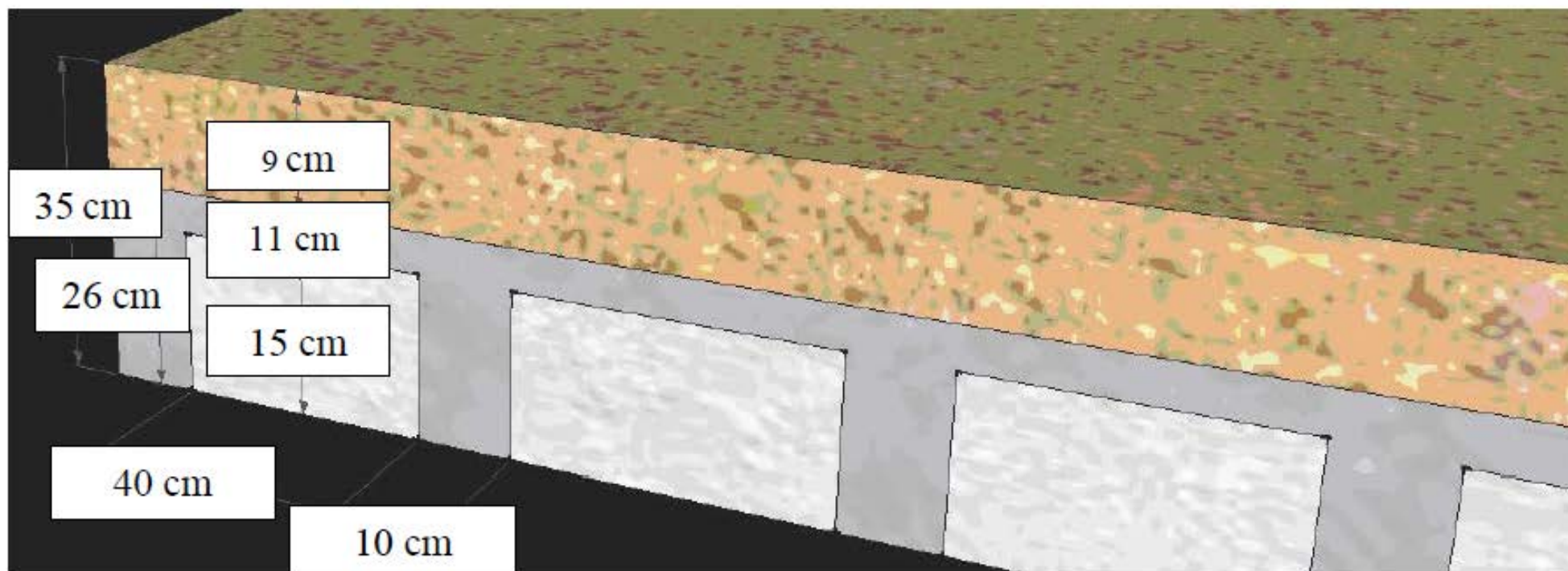
חזית דרומית מבנה 2, תמונה מס' 1346



היבטי תכנון – מבנה מס' 2

3.1.2. חתך צלעות-בלוקים בתקרה קומת קרקע:

35.0	ס"מ	3.1.2.1	גובה תקרה ברוטו :
9.0	ס"מ	3.1.2.2	שכבת חול + ריצוף מעל הטופינג :
11.0	ס"מ	3.1.2.3	עובי שכבת טופינג :
26.0	ס"מ	3.1.2.4	גובה תקרה נטו :
15.0	ס"מ	3.1.2.5	גובה בלוק :
40.0	ס"מ	3.1.2.6	רוחב בלוק :
10.0	ס"מ	3.1.2.7	רוחב צלע ממוצעת :



היבטי תכנון – מבנה מס' 2

עקרונות התכן

התכן יתבצע בהתאם לנוהל שדרוג המבנים המעודכן של משרד החינוך. ההנחיות המעודכנות בהליך החדש מתבססות על עקרונות בסיסיים ומקובלים בארצות מתקדמות בתחום זה, כמפורט בספרות המקצועית בתחום זה וכן בתקן אמריקאי מתקדם לשדרוג מבנים קיימים (תקן ASCE-SEI 41-06).

ת"י 2413 שמיועד לטיפול במבני קיימים עוסק בעיקר באבחון העמידות ומפנה לת"י 413 חלק 1 לצורך תכנון שדרוג. רמת התפקוד הנדרשת הינה רמת בטיחות חיים (Life Safety-LS) בה תתכן פגיעה ברכיבי מבנים נושאים ורכיבים לא מבניים אך לא ברמה כזאת שתביא להתמוטטות. זו רמת התכן הבסיסית אליה מכוון התקן הישראלי.

תכונות חזק של חומרי השלד ערכים נתונים במגפ"ס		
ב-15	עד 1961	חזק לחיצה אופייני של בטון f_{ck}^*
	1961-1979	
	1980 ואילך	
ב-20	עד שנת 1980 לזיון אורכי בקורות	תכונות פלדת זיון – מוטות מפותלים
	$f_{y-x} = 400$ כניעה	
	$f_{su-x} = 480$ שבר	
	6% ε_{su-x} עיבור שבר	
ב-30	עד שנת 1980 לזיון אורכי בעמחים. עד 1990 זיון חישוקים	תכונות פלדת זיון – פלדה מעורגלת עגולה
	$f_{y-\phi} = 220$ כניעה	
	$f_{su-\phi} = 370$ שבר	
	18% $\varepsilon_{su-\phi}$ עיבור שבר	
ב-20	משנת 1981 לזיון אורכי בעמחים, ומ 1991 ועד היום לזיון חישוקים	תכונות פלדת זיון מצולעת
	$f_{y-\phi} = 400$ כניעה	
	$f_{su-\phi} = 500$ שבר	
	12% $\varepsilon_{su-\phi}$ עיבור שבר	

ניתן לראות מתוך הטבלה כי חזק הבטון המתאים למבנה הינו ב-20. על פי בדיקות חזק הבטון שנעשו לרכיבים השונים של המבנה, ניתן לראות כי ברוב המקומות חזק הבטון מתאים לבטון ב-20.

חישוב ספקטרום

תאוצת קרקע Z:

עבור הסתברות של 2% ב-50 שנה:

$$Z = 0.28$$

מקדם הקטנת הכוח K:

$$K = 1$$

ע"פ נוהל משרד החינוך מקדם הקטנת הכוח הינו 1, כאשר תבוצע הקטנת קשיחות לכל אלמנט מבני בהתאם להנחיות טבלה 6-5 (תקן ASCE-SEI 41-06).

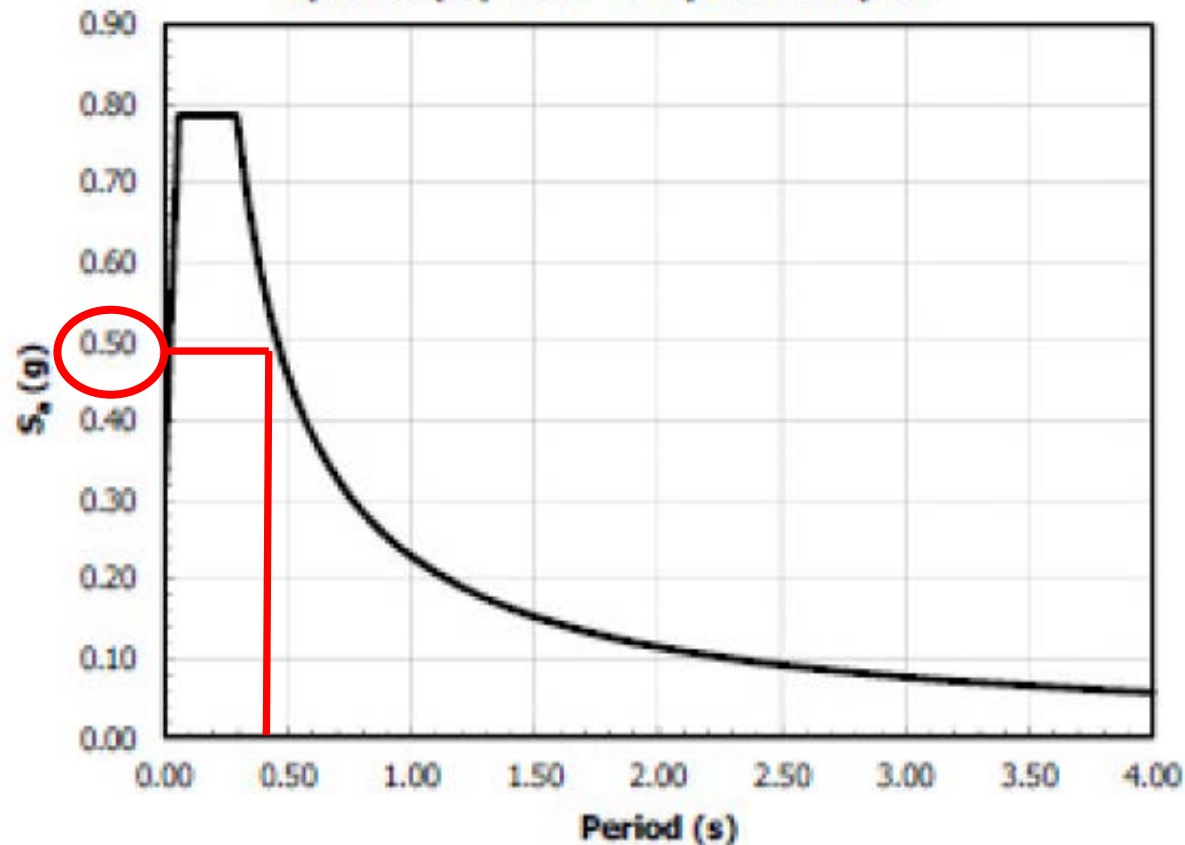
מקדם חשיבות:

$$I = 1.2$$

מקדמי סוג הקרקע:

הקרקע מוגדרת כ"סוג C".

ספקרטום התכן עפ"י סוג הקרקע והמיקום



זמן המחזור

גובה המבנה כ- 10 מ' (עד הגג העליון):

$$T = 0.050 \cdot H^{3/4} = 0.050 \cdot 10^{3/4} = 0.28(\text{sec})$$

$$T_{dynamic} = 0.28 \cdot (1.8 - 1.5 \cdot Sd_1) = 0.28 \cdot (1.8 - 1.5 \cdot 0.23) = 0.407(\text{sec})$$

מקדמי קשיחות ליסודות רדודים

מכיוון שהיסודות רדודים ניתן למדלם כקפיצים על מנת להגדיל את בזבז האנרגיה של המבנה בזמן הרעידה.

קשיחות הקפיצים נלקחה מתוך תקן ASCE-SEI 41-06:

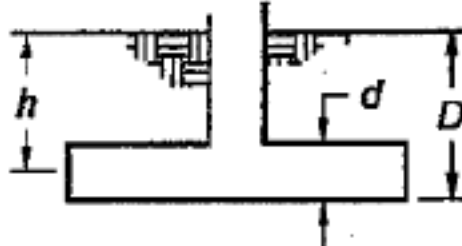
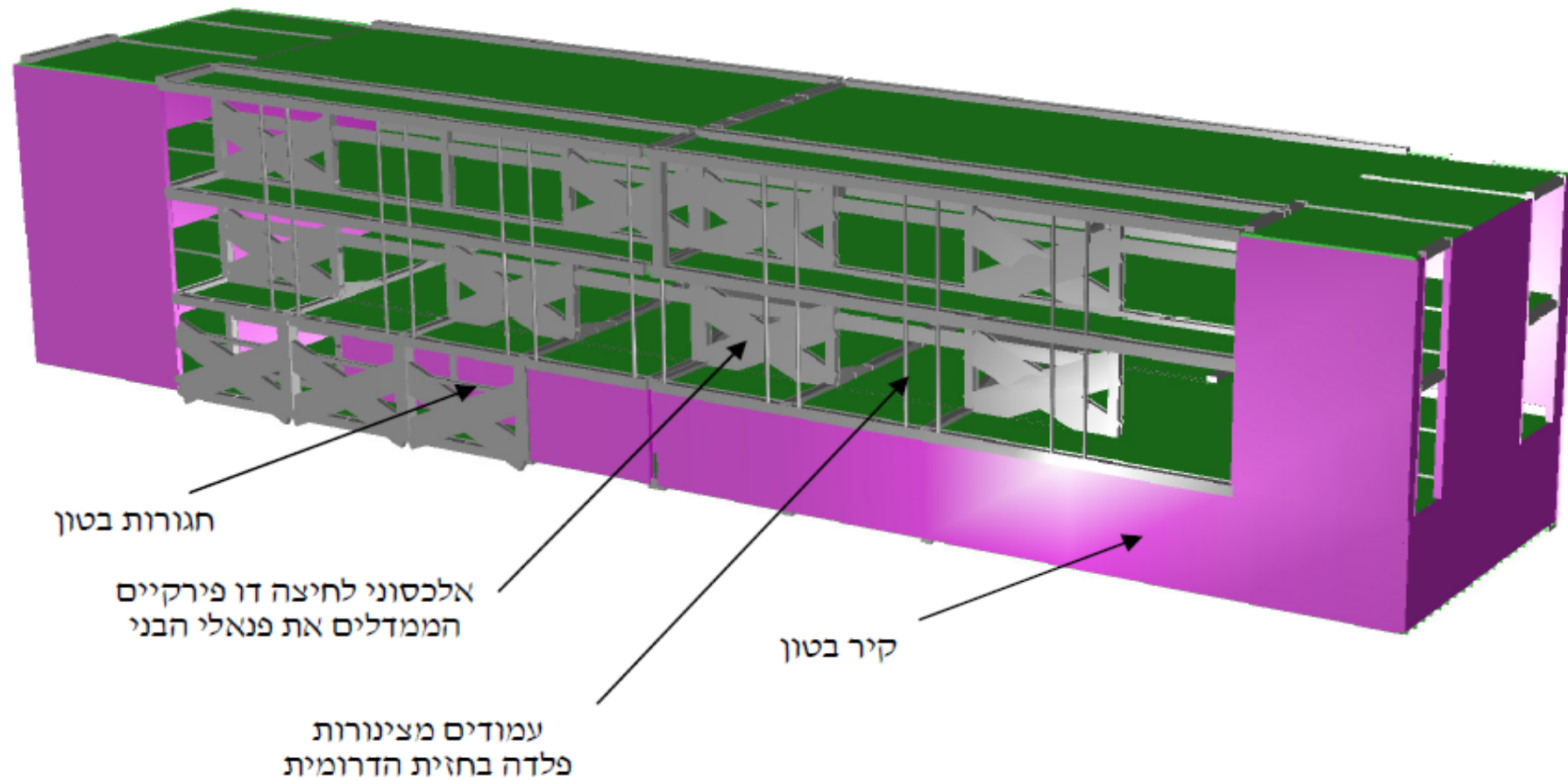
Degree of Freedom	Correction Factor for Embedment	Note
Translation along x-axis	$\beta_x = \left[1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{B}} \right] \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{BL^2} \right)^{0.4} \right]$	
Translation along y-axis	$\beta_y = \left[1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{L}} \right] \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{LB^2} \right)^{0.4} \right]$	
Translation along z-axis	$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} \frac{D}{B} \left(2 + 2.6 \frac{B}{L} \right) \right] \left[1 + 0.32 \left(\frac{d(B+L)}{BL} \right)^{2/3} \right]$	
Rocking about x-axis	$\beta_{\alpha x} = 1 + 2.5 \frac{d}{B} \left[1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}} \right]$	d = height of effective sidewall contact (may be less than total foundation height)
Rocking about y-axis	$\beta_{\alpha y} = 1 + 1.4 \left(\frac{d}{L} \right)^{0.6} \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{d}{L} \right)^{1.8} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.6} \right]$	h = depth to centroid of effective sidewall contact
Torsion about z-axis	$\beta_{\alpha z} = 1 + 2.6 \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{d}{B} \right)^{0.9}$	For each degree of freedom, calculate $K_{emb} = \beta K_{sur}$

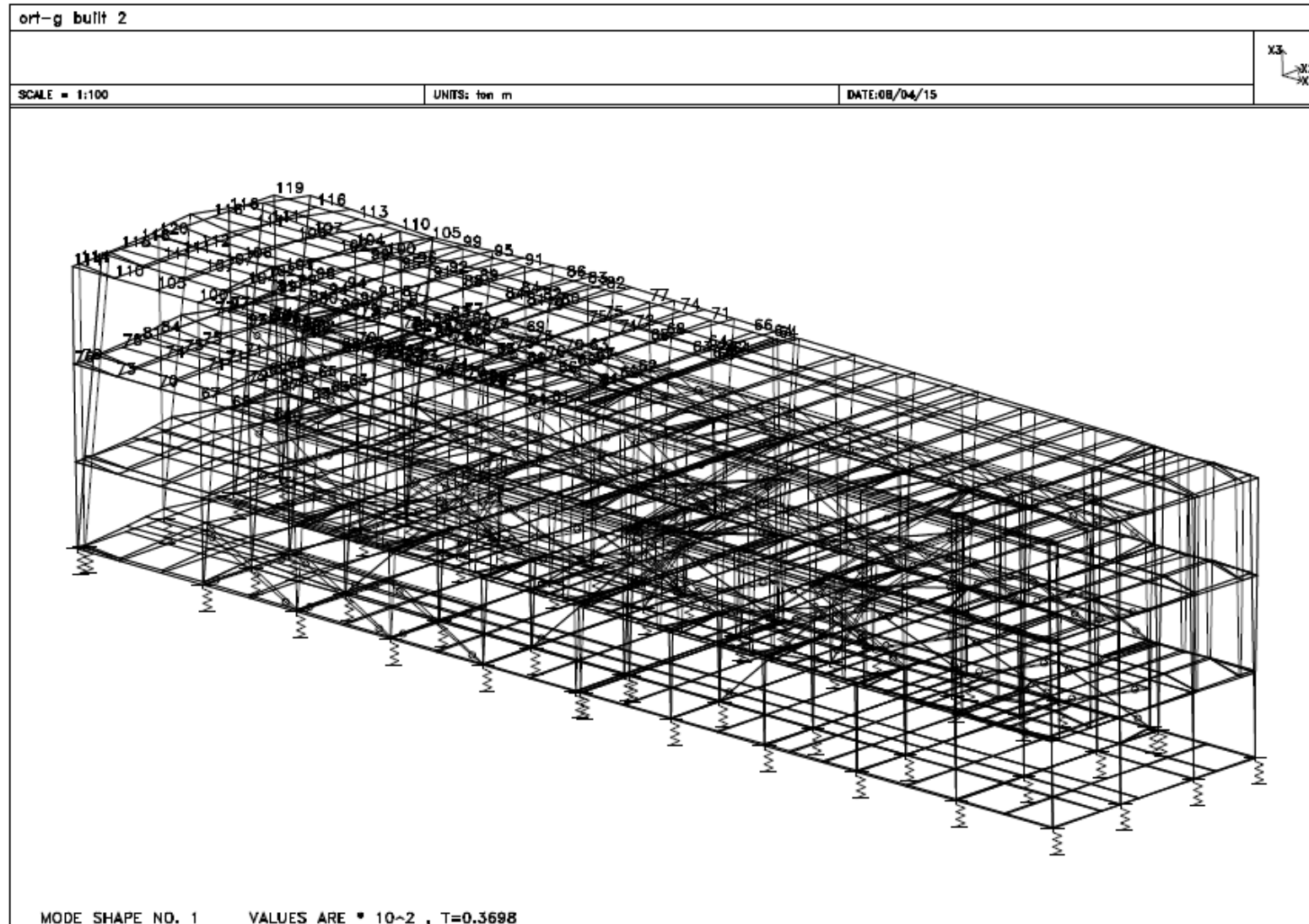
FIGURE 4-4. Elastic Solutions for Rigid Footing Spring Constraints.

מודל חישובי תלת - מימדי

לצורך בדיקת המבנה לכוחות אופקיים נבנה מודל תלת מימדי.
לתוך המודל הוכנסו העמודים, הקירות, הקורות והתקרות.
תקרות המבנה מודלו בחתך אמיתי, כלומר תקרות צלעות מודלו כתקרות צלעות על
מנת לשמור על כיוון המתיחה והעברת העומסים.

גיאומטריה של המודל





מוד 1 תזוזה בכיוון 2X – ניתן לראות כי ישנה אי סימטריות קטנה ולכן המבנה מתפתל מעט.
 זמן המחזור של המוד 0.39 שניות.

תוצאות המודל רעדה בכיוון 2X:

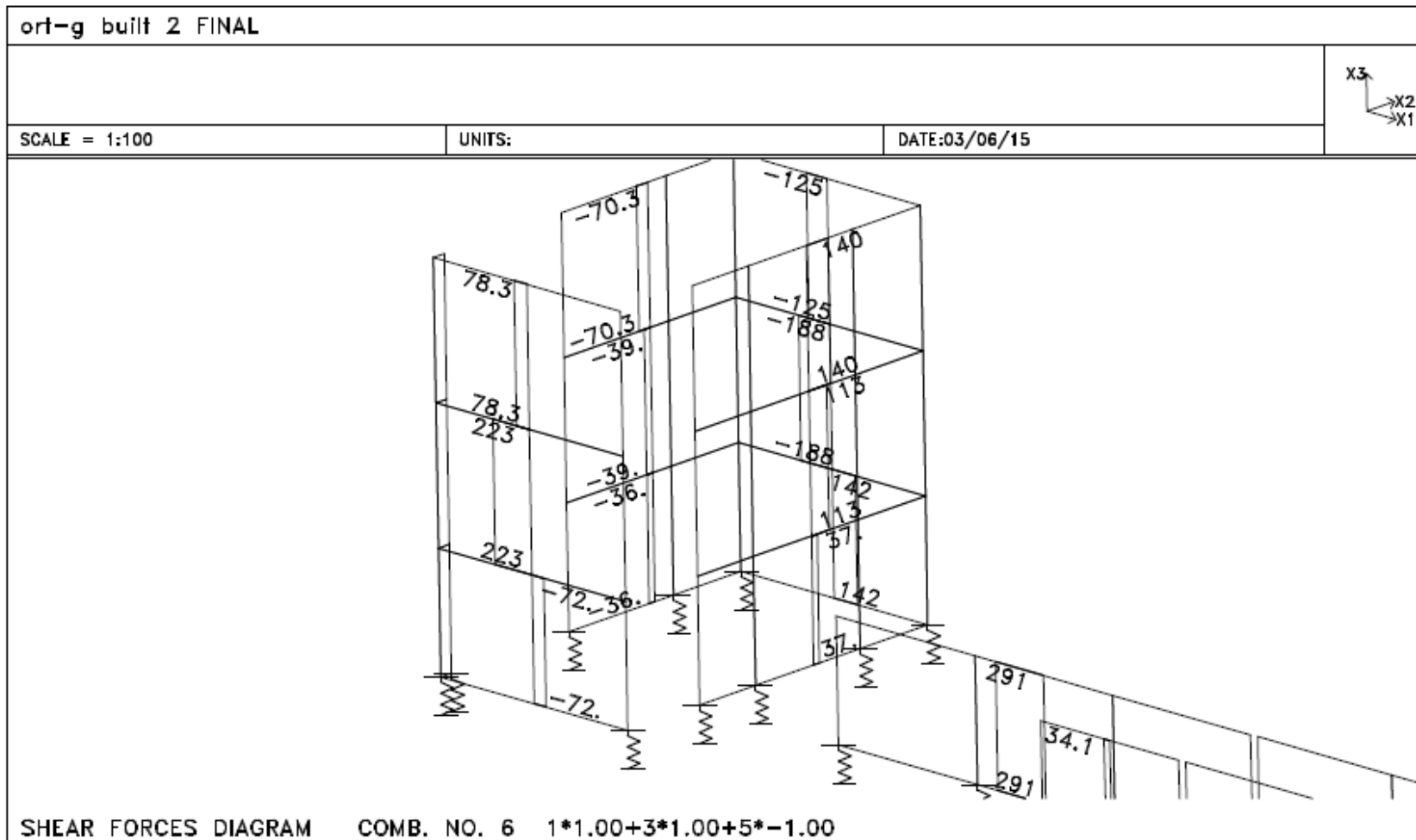
SHEAR FORCES/MOMENTS (Units: ton, meter)							
X2,Ecc:DX1=-2.280							
No.	Level	Story forces		Base shear		Story moments	
		F1	F2	V1	V2	M2	M1
0	0.00			342.64	1017.83	2728.21	7637.45
1	3.10	48.93	192.56	301.04	825.31	1669.42	4482.23
2	6.60	125.66	370.02	176.13	455.34	616.45	1593.68
3	10.10	176.13	455.34				

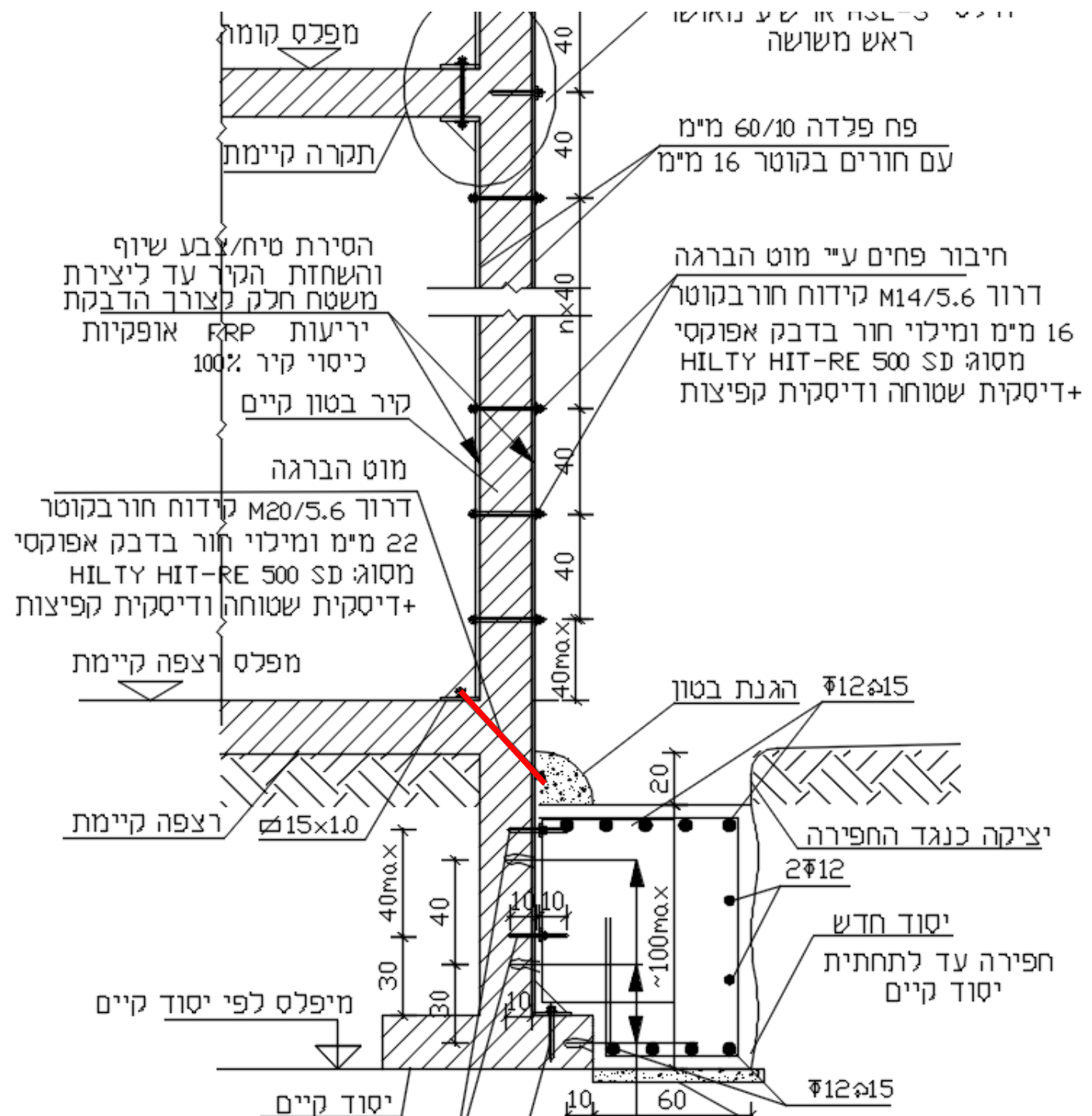
עומס אופקי של כ 1,000 טון

היבטי תכנון – חיזוק מבנה מס' 2

החישוב התבצע בתוכנת Response

עומסים ונתונים:

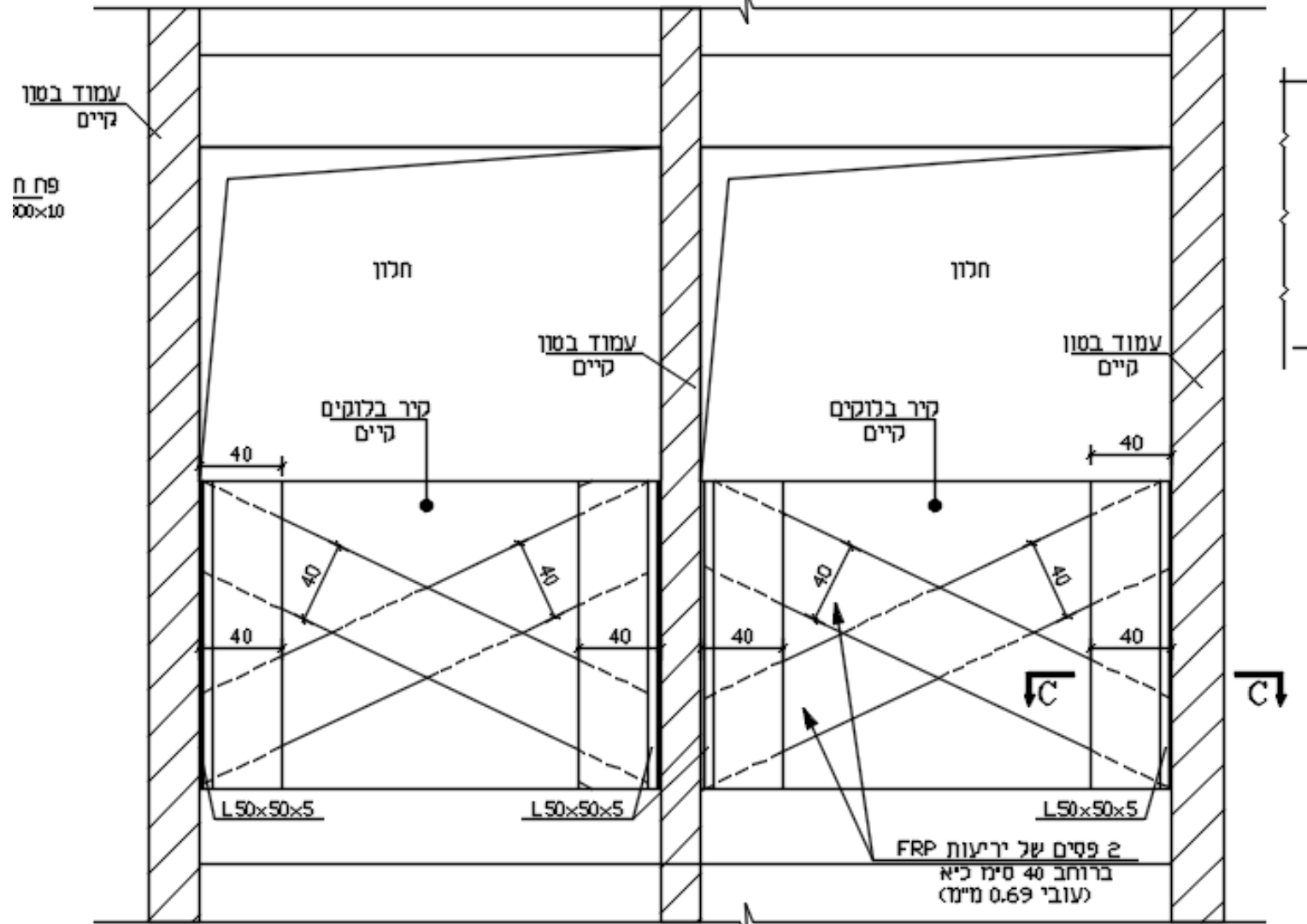




חיזוק קירות בלוקים פנימיים במסדרונות

1:25

פר



התארגנות ולוגיסטיקה

- פינוי ציוד מן המבנים – רצוי שיתבצע ע"י המועצה (ציוד מעבדות)
- כיתות ומעבדות חלופיות בזמן הביצוע – רצוי שהשדרוג יתבצע במהלך חופשת הקיץ, בפועל השדרוג אורך כ- 4-5 חודשים ולכן באחריות המועצה למצוא פתרון לתלמידים בתקופת השדרוג
- גידור ותחימת השטח – הפרדת אזור העבודה משטח בית הספר, תוך שמירה על תפקוד אולמות ספורט, אודטוריום וכיוצ'ב

היבטי ביצוע

במהלך הביצוע נתקלו במספר בעיות

- יסודות המבנה רדודים – החיזוק יבלוט מעל פני הקרקע
- תשתיות חשמל ישנות ולא תיקניות – חריגות מתקציב השדרוג
- פגיעה באלמנטים שלא במסגרת השדרוג – תקרת אודטוריום



310

127

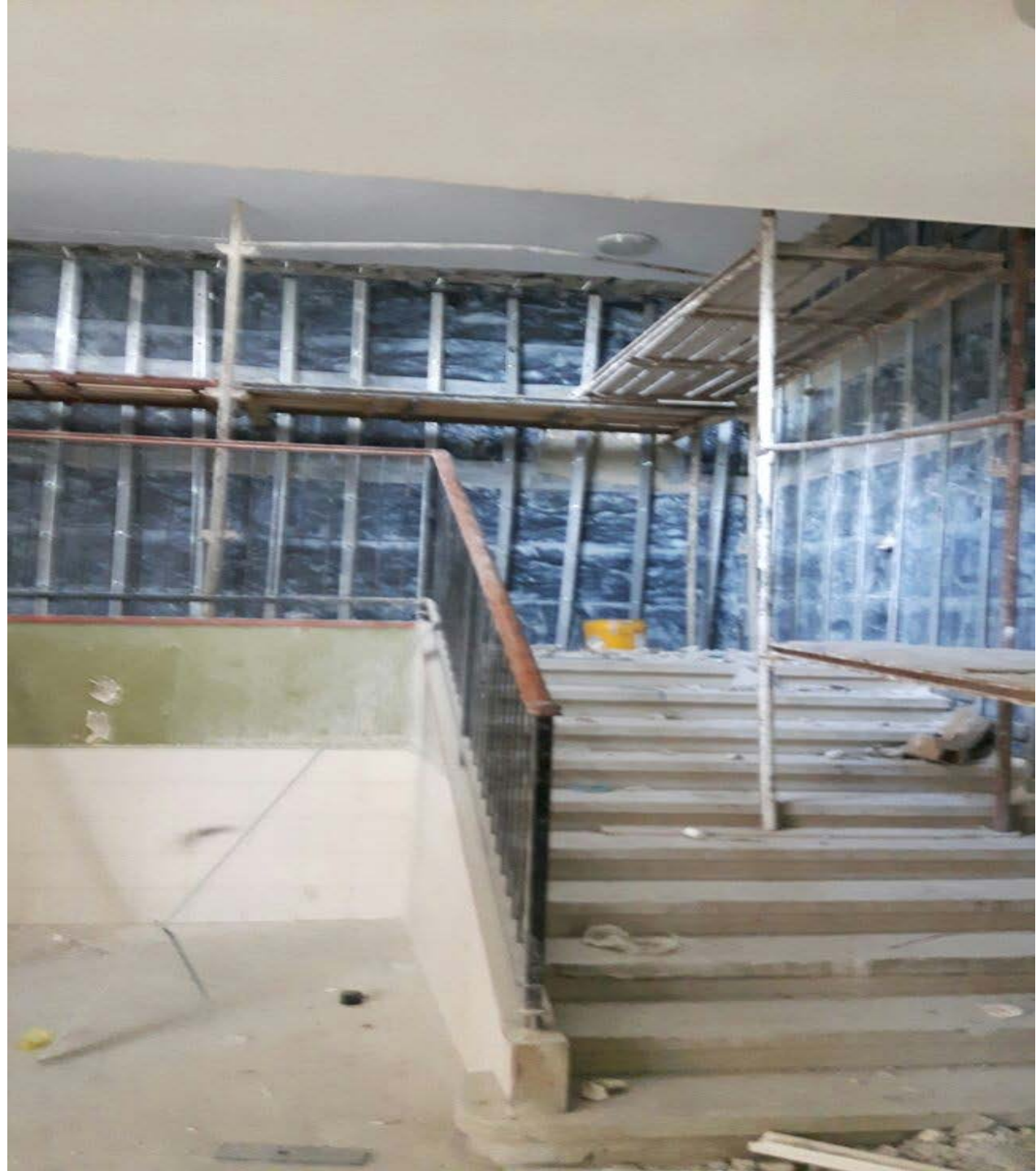


פסים של יריעות F.R.P.





צנרת השמל
ממתכת ישנה













לקחים והמלצות להמשך

- חשיבות ביצוע סקר מבנה מדויק ככל הניתן – על מנת למנוע חריגה מן התקציב בזמן הביצוע
- תאום ציפיות יחד עם צוות בית הספר – מה האלמנטים המיועדים לשדרוג
- שילוב החלפת תשתיות בזמן השדרוג – לדוגמא ביצוע עבודות מתזים וצנרת כיבוי אש לאחר גמר עבודות השדרוג, החלפת לוחות חשמל בכיתות הלימוד
- שילוב שיפוצי כיתות בזמן השדרוג – לדוגמא החלפת ריצוף, דלתות ומזגנים בכיתות הלימוד והמעבדות לאחר ביצוע השדרוג