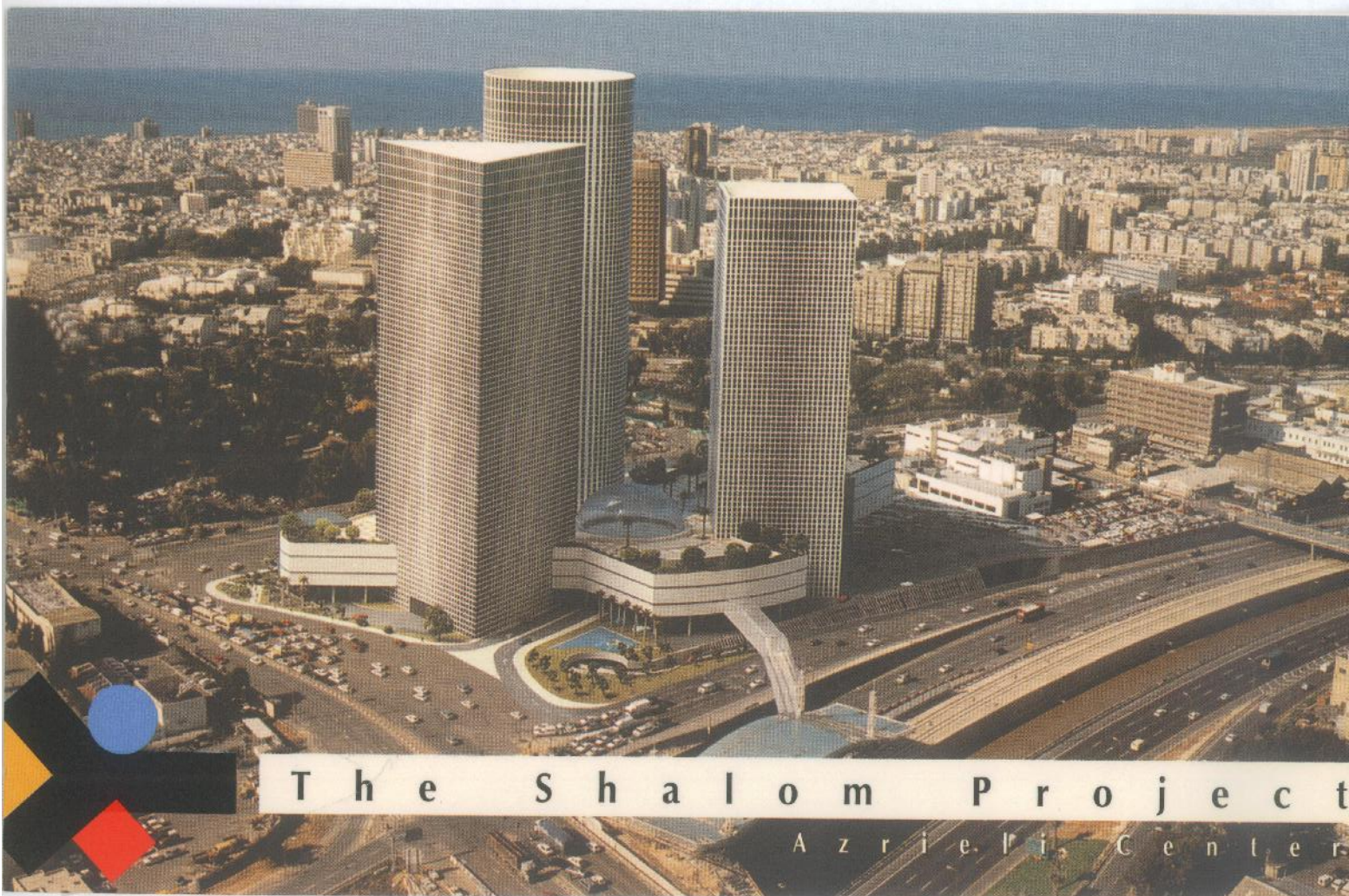


# פרויקט "מרכז - השלום"

שלושה מגדלים וקניון משולבים בפרויקט אחד

אינג' רמי בלס



The Shalom Project  
Azrieli Center

## פרויקט "מרכז השלוס"

### שלושה מגדלים וקניון משולבים בפרויקט אחד

\* אינג' רמי בלס

פרויקט "מרכז השלוס" הינו פרויקט הבניה הגדול ביותר המתבצע כיום במדינת ישראל. הפרויקט הינו קומפלקס מבנים הכולל חניון תת-קרקעי, מרכז מסחרי, ושלושה מגדלים רבי קומות בצורת עיגול, משולש וריבוע. האתר בו מבוצע הפרויקט תחום בין כביש נתיבי איילון ממזרח, כביש גבעת התחמושת (דרך השלוס) מדרום, כביש דרך פ"ת (מול הקריה) ממערב, ובית ידיעות אחרונות מצפון. שטח המגרש בו מבוצע הפרויקט הוא כ- 33,000 מ"ר. הקמת שלד המבנה החלה באפריל 1996 ותמשך כ- 20 חודש.

### תאור כללי של הפרויקט

#### חניון תת-קרקעי

החניון התת-קרקעי כולל 4 קומות מרתפי חניה, בשטח של כ- 33,000 מ"ר כל קומה, עבור כ- 3400 כלי רכב. קומות החניון משתרעות על כל שטח המגרש. גובה קומת החניון העליונה כ- 350 ס"מ וגובה יתר קומות החניון 305 ס"מ כל אחת. התקרות של קומות החניון הינן בשיפוע של כ- 1.3% - בהתאם לגבהים הקיימים של דרך פ"ת בקומת הקרקע.

#### מרכז מסחרי - קניון

מעל החניונים מוקם מרכז הקניות (ה-MALL), בן שלוש קומות. צורתו הכללית של המבנה היא צורת האות האנגלית "Y", כשבנקודת המפגש של שלוש הצלעות ממוקם מרכז התנועה האנכי של הקניון. קומת הקרקע הינה בעיקרה קומת עמודים מפולשת בגובה של כ- 8 מ'. באזור הצפוני של הקומה מתוכננת חנות ענק בשטח של כ- 3000 מ"ר, ובתחום 3 המגדלים מוקפת קומת הקרקע על ידי קירות המסך המגיעים עד הרצפה ומפרידים את השטח מהקומה המפולשת. את הקומה המפולשת חודרים שני מרכזי תנועה אנכיים. האחד בצורת "קוביה", המכוסה בקירות זכוכית לכל גובהו נמצא בפניה הדרום-מערבית של המגרש - בצומת הרחובות דרך פ"ת וכביש גבעת התחמושת - ושממנו תהיה כניסה ראשית של הולכי רגל לתוך הפרויקט. מרכז התנועה השני הינו בצורת צילינדר ונמצא במרכז הפרויקט בין שלושת המגדלים הגבוהים. מרכזי תנועה אנכיים אלו כוללים מדרגות, מעליות פנורמיות, ומערכת דרגונעים המקשרים בין קומות החניון התת-קרקעיות, קומת הקרקע, 2 קומות הקניון וגג הפרויקט. 2 קומות הקניון הינן בשטח של כ- 17,000 מ"ר כל אחת וגובהן 620 ס"מ. גג הקניון מיועד לשימוש הקהל הרחב, ויכלול אמפיתיאטרון פתוח שיוכל לשמש למופעים וארועים המוניים, וכן בתי קפה ומסעדות שיהיו בסמיכות למערכת ערוגות ועציצים עם צמחים ועצי נוי. בגג הקניון קיימת מערכת פתחים בצורת משושים, בהם משולבים "סקיילטים" מרחביים בצורת יהלומים שיכניסו אור יום לקומות המסחר. מעל הצילינדר המרכזי מותקנת כיפה זכוכית בקוטר כ- 30 מ' שתכסה את הפתח, תכניס אור יום ותאפשר פרספקטיבה מעניינת מכוון מרכז הקניות לכוון 3 המגדלים הגבוהים המתרוממים בסמיכות לכיפה זו.

\* אינג' רמי בלס

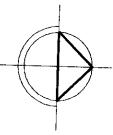
**תוכנית**  
**מבנה**  
**מיקום**  
**צילום**  
**תאריך**  
**סקאל**  
**צילום**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

**שם המערכת**  
**על ידי**  
**מאת**  
**אשרת**  
**תאריך**  
**סקאל**

**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

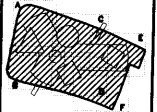
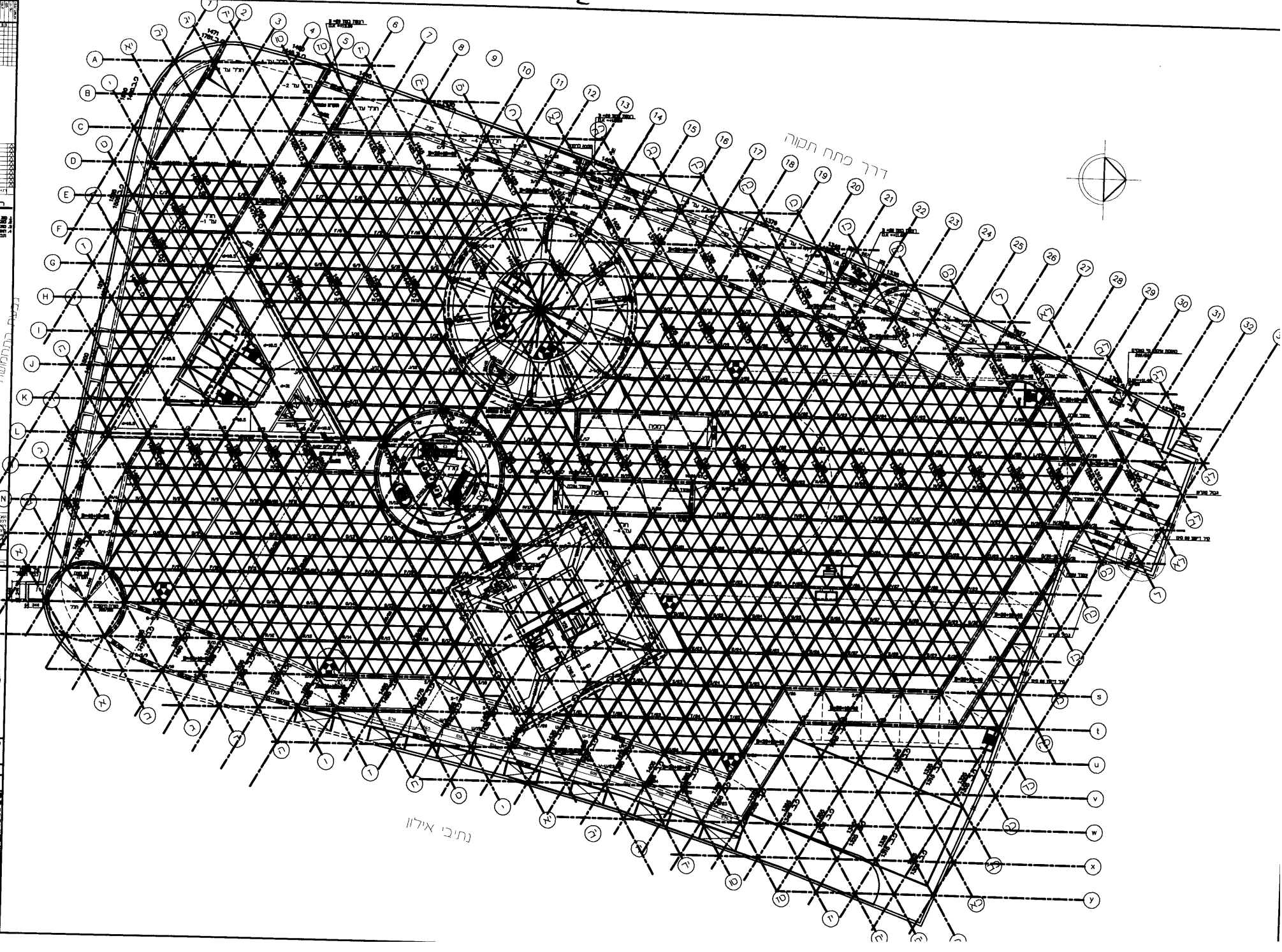
**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**



דרך סתח תקוה

נתיבי אילון



**מרכז העולם**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

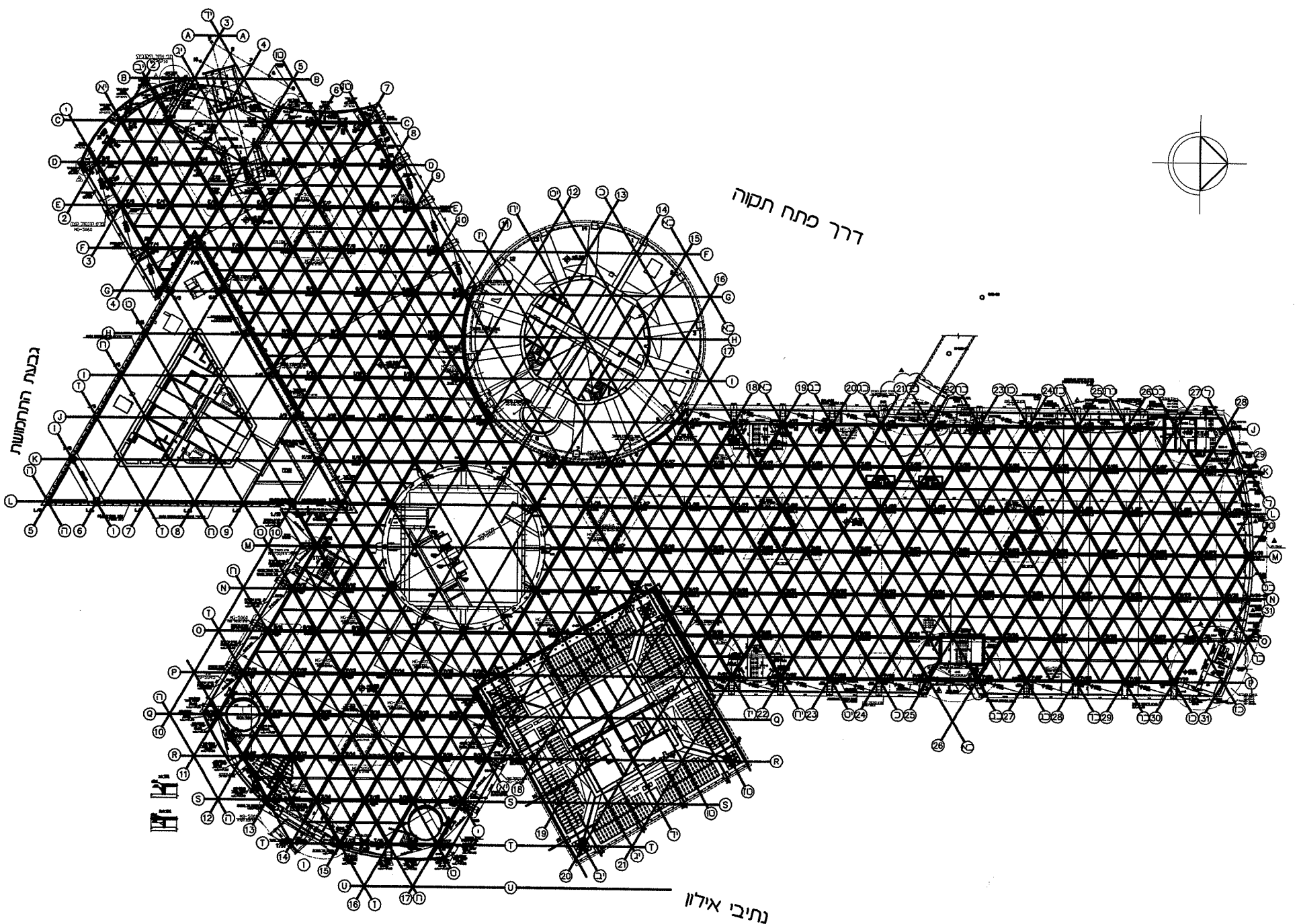
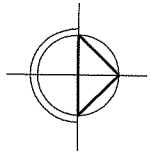
**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

**מפרט**  
**מיקום**  
**מספר**  
**תאריך**  
**סקאל**

PG-4001



רשימת חומרים	שם	כמות	אחידות	הערות
מטריקס	מטריקס	3	מטריקס	
תבנית	תבנית	1	תבנית	

**הערות:**

1. גודל תבנית 30-40 ס"מ  
 2. גודל תבנית 150-200 ס"מ  
 3. גודל תבנית 200-300 ס"מ

המבנה הוצג לתוכנית המערכת המוצגת כפי שיש להבין  
 ולבצע את כל הפרטים הנדרשים להקמתו.  
 המבנה יבוצע על פי כללי התכנון והפרטים המפורטים  
 בהחלטת הוועדה המקומית לתכנון ולבניה ולפי כל  
 המפרט והפרטים המפורטים בהחלטת הוועדה.  
 יש לבצע את המבנה על פי המפרט והפרטים המפורטים  
 בהחלטת הוועדה המקומית לתכנון ולבניה.

צד	ק	ק	ק
10	20	30	40

**מרכז השלום**

סקר ועקרונות אדריכליים ומתכנני ערים  
 אברהם ססי, יואל קרן  
 רחל מורד, נחמיה טברסקי, נחמיה טברסקי, 6281288

אילן עטרה, אדריכל

ד"ר עיריאתר  
 ד"ר גלית זקן, מנהל תחום תכנון ומרכז המחקר והתכנון

**שם אברהם מתיסה בת**  
**שם אברהם - ג. פ. סני**

א. אילון  
 נ. אבנר  
 ר. ברק  
 י. כץ  
 א. מור

פיקוח: **העירייה - חטיבת תכנון**  
 (רח' סני, גבעתיים, תל אביב, 6281288)

**חברת סמת סקע**  
 מסלול בגין 6.33

**MG-5001**

שם התבנית: **MG-5001**  
 התוכנית עובדה יחידה -  
 שם: **תבנית**

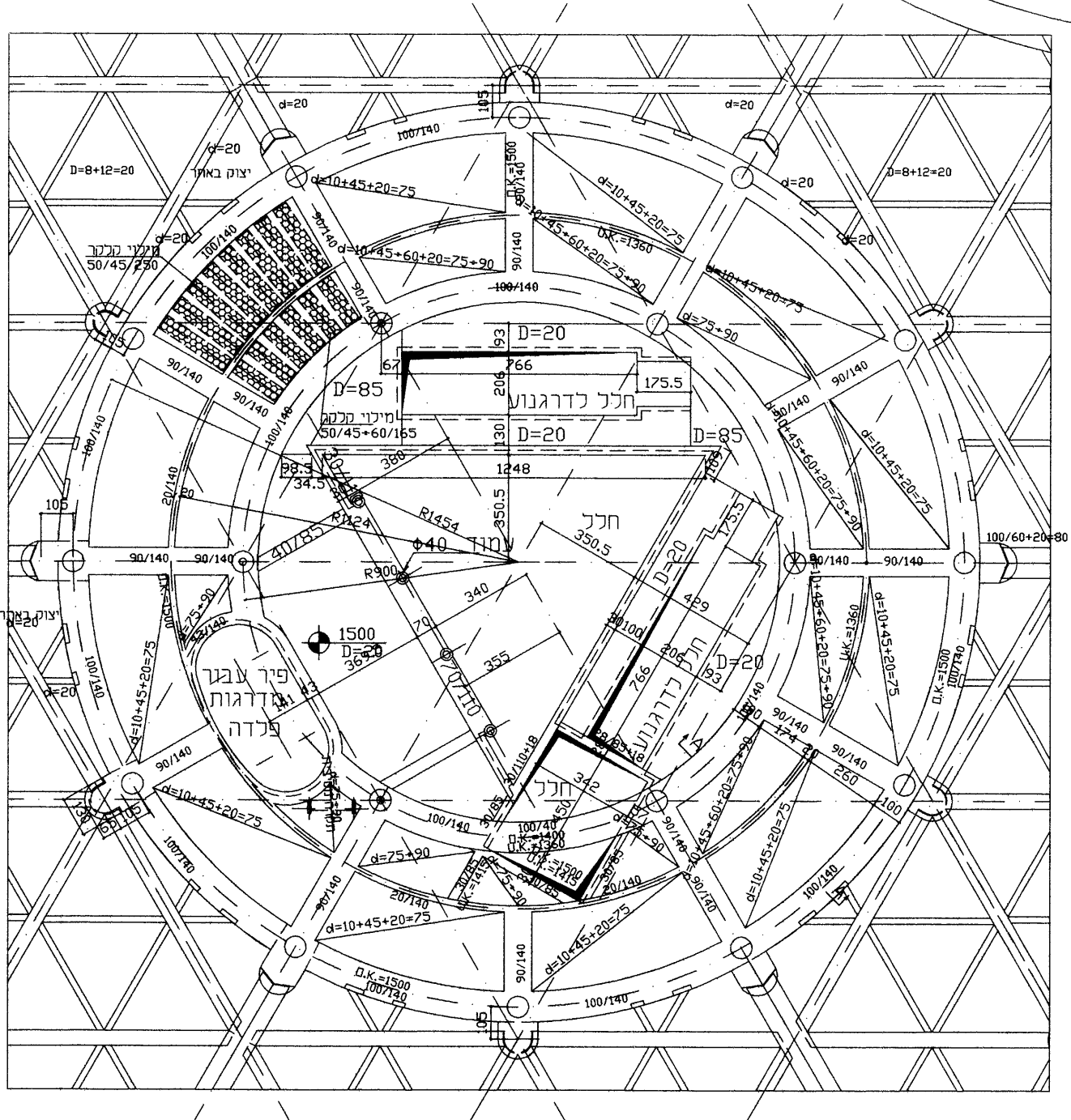
1899

נתיבי אילון

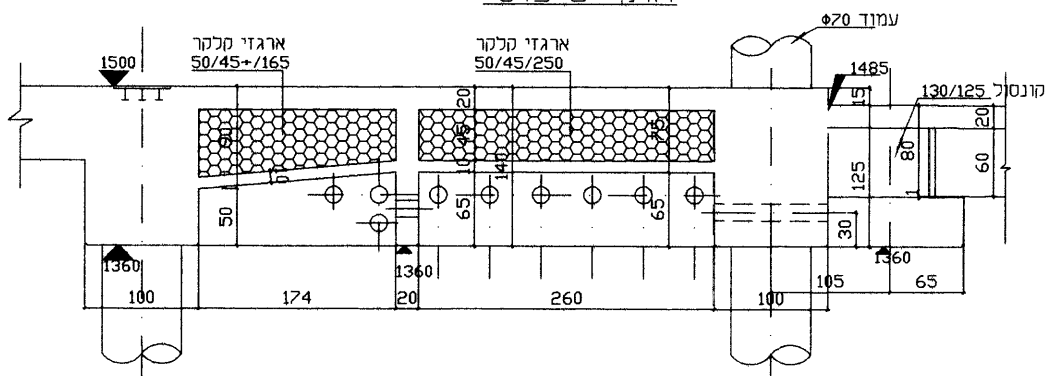
גבעת התחמושת

דרר כתח תקווה

מרכז תנועה עגול  
תכ' רצפת קומת קרקע  
1:200



חתך טיפוסי



## מגדלי המשרדים - עגול, משולש ומרובע

בפרויקט שלושה מגדלי משרדים רבי קומות הבנויים משלושת הצורות הגאומטריות הבסיסיות עגול, משולש ורבע.

המגדל העגול הינו בן 50 קומות בגובה של כ- 185 מ', המגדל המשולש הינו בן 46 קומות בגובה של כ- 170 מ' והמגדל המרובע הינו בן 42 קומות בגובה של כ- 155 מ'.

המגדלים מורכבים ממבנה תחתון בן 9 קומות הכולל 4 קומות חניון תת קרקעיות, קומת קרקע, קומת גלריה טכנית, 2 קומות מסחר המיועדות למסעדות ורשתות מזון מהיר וקומה נוספת במפלס גג הקניון המיועדות לשימוש הציבור שבה יהיו גלריות לאומנות, אולמות קונגרסים, בתי קפה, מסעדות וקאנטרי קלאב - מועדון SPA יוקרתי שישתרע על שטח של כ- 1000 מ"ר ויכלול בריכת שחיה מקורה באורך 25 מ', מתקן סקווש, ג'קוזי, מכון כושר ועוד. מעל מבנה התחתון נמצאות קומות המשרדים הטיפוסיות. הקומה הטיפוסית במגדל העגול הינה בצורת עיגול בקוטר 44 מ' ושטחה 1520 מ"ר, הקומה הטיפוסית במגדל המשולש הינה בצורת משולש שווה צלעות בעל צלע של כ- 57 מ' ושטחה 1430 מ"ר, והקומה הטיפוסית במגדל המרובע הינה בצורת רבוע בעל צלע באורך של 37 מ' ושטחה 1370 מ"ר. גובה הקומות הטיפוסיות הינו 385 ס"מ ברוטו כאשר עובי התקרות המסיביות נע בין 16 ס"מ במגדל העגול, 18.5 ס"מ במגדל המשולש, ו- 25 ס"מ במגדל המרובע. במקומות מסוימים בתוך שטח הקומה ובהיקפה קיימות קורות הבולטות כלפי מטה כ- 16 עד 25 ס"מ מתחתית התקרה, כאשר נשמר גובה נטו של 344 ס"מ מתחת הקורות.

גובה המשרדים הוא 260 ס"מ ובתחום התקרה האקוסטית מתוכננים לעבור מערכות מזוג האויר בתעלות הזנה ואויר חוזר, צנרת חשמל ותקשורת וצנרת ספרינקלרים ביוב ומים.

מעל קומות המשרדים מתרומם המגדל ל- 3 קומות נוספות בתחום הגרעין. קומות אלו יכלו חדרי מכונות למעליות, חדרי טרנספורמציה, חדרי גנרטורים, מחסנים וכדומה. מעקה הגג יסתיר את המבנה המרכזי וישולב בו מתקן לניקוי חלונות המסוגל לנוע לאורך החזיתות ולהתקפל לתוך שטח הגג כאשר אינו בשמוש.

על גג המגדל העגול יבנה מנחת המסוקים הראשון על מבנה רב קומות בתל-אביב. המנחת יהיה בקוטר 30 מ' ויהיה מסוגל לקלוט מסוקים מסוג "בלק-הוק" - במשקל של עד 10 טון היכולים לשאת עד 16 נוסעים.

### חזיתות המגדלים הגבוהים

קירות החוץ של המגדלים הגבוהים עשויים מקירות מסך טרומיים מבטון מזוין, המחופים באבן גרניט מסוג CREAM CHAMPANGE בעובי 27 מ"מ בעיבוד FLAME המכסה את כל שטח החזית כולל כל היקף חשפי החלונות. החלונות הינם בגובה 162.5 ס"מ וברוחב משתנה, לפי התכנון המקורי של אדריכל אלי עטיה, ורוחבם בין 76 ÷ 112 ס"מ. החלונות שקועים כ-20 ס"מ מפני החזית על מנת ליצור הצללה. הבטון שמשמשים בו ליצור הפריקסטים הינו במשקל מרחבי של עד 1650 ק"ג/מ"ק, המאפשר להקטין את המשקל הממוצע של קיר החזית לכ- 500 ק"ג/מ"ר.

### שטחי בניה

חניון תת-קרקעי ב-4 מפלסים -	כ- 130,000 מ"ר
מרכז מסחרי - קניון ב-3 קומות -	כ- 50,000 מ"ר
מגדל עגול בן 50 קומות -	כ- 60,000 מ"ר
מגדל משולש בן 46 קומות -	כ- 55,000 מ"ר
מגדל מרובע בן 42 קומות -	כ- 50,000 מ"ר

סה"כ שטחי בניה בפרויקט כולו : 345,000 מ"ר



(צילום: "אלבטרוס")

פרויקט "מרכז השלום"

## מבנה השלד של החניונים והמרכז המסחרי

המודול הטיפוסי בקומות החניון והמרכז המסחרי הינו בצורת משולש שווה צלעות בעל צלע באורך 900 ס"מ.

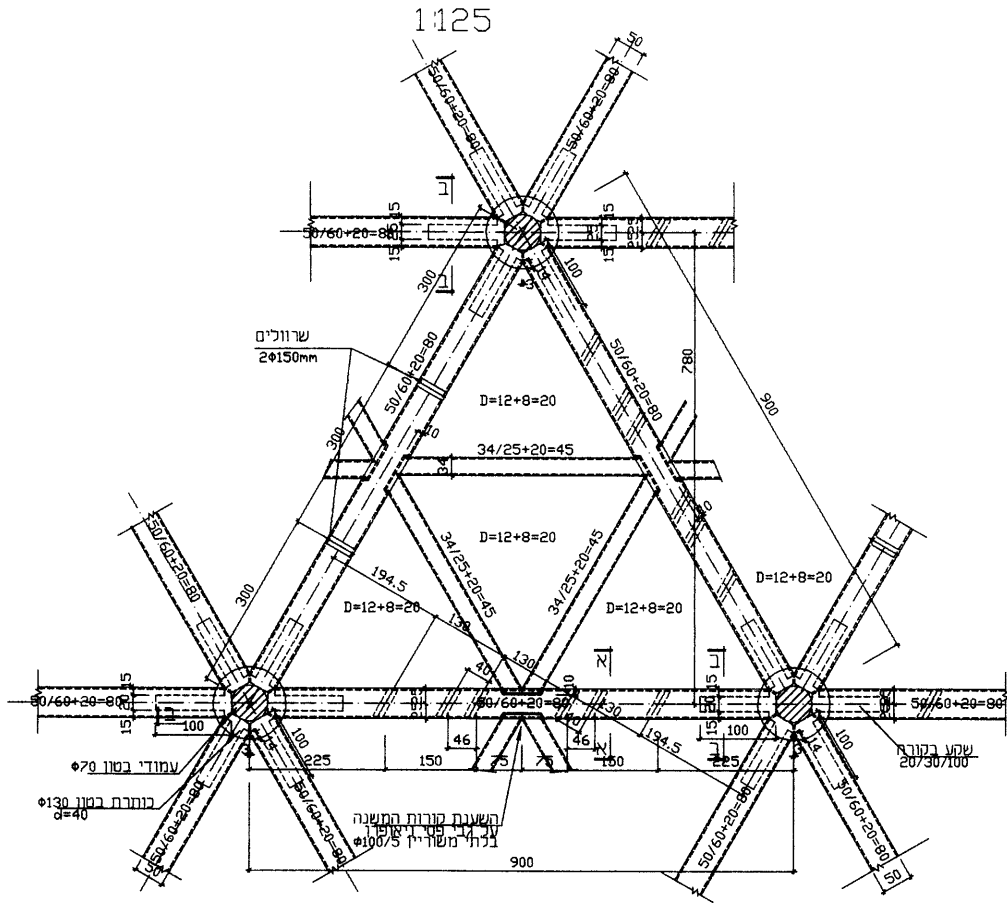
מבנה השלד במודול זה מורכב מאלמנטים המפורטים להלן :

- (1) עמודי בטון עגולים בקוטר 70 ס"מ יצוקים בתבניות פלדה. סוג הבטון בעמודים התומכים את החניון בלבד ובהם מגיעים העומסים עד 400 טון הינו ב-40. בעמודים התומכים הן את החניון והן את המרכז המסחרי, והעומסים בהם נעים בין  $400 \div 1100$  טון, השתמשנו בבטון מסוג ב-60 כאשר אחוזי הזיון מגיעים עד 7% תוך כדי שימוש במוטות זיון בקוטר של 36 מ"מ. כלוב הזיון בעמודים בוצע בכלובים מוכנים מראש לגובה של שתי קומות, על מנת לחסוך הן בכמות הפלדה הנובעת מחפיפות ארוכות כאשר משתמשים בקטרים גדולים, והן בעבודה של הרכבת כלובי הזיון.
- (2) כותרות בטון עגולות בקוטר 130 ס"מ ובגובה של 30 עד 40 ס"מ יצוקים בתבניות פלדה. סוג הבטון בכותרות ב-40 עד ב-60 לפי סוג הבטון בעמודים. הכותרות יצוקות בנפרד מהעמודים מיד לאחר יציקת העמודים. בקומות החניון בהן לא נדרשה המשכיות הזיון בקורות מעל העמודים, נוצקו העמודים אחד מעל השני כך שהתקבלו עמודים בני 4 קומות עם כותרות הבולטות ממנו המוכנים לקלוט את הקורות הטרומיות הנשענות עליהם. בשיטה זו ניתן היה להרכיב מיד קומה אחר קומה את כל 4 קומות החניון באיזור מסוים, מבלי להתעכב על מנת לצקת הטופינג ואת העמוד והכותרת של הקומה מעל.
- (3) קורות טרומיות דרוכות מבטון ב-50 וב-60, ברוחב של  $40 \div 50$  ס"מ ובגובה של  $50 \div 60$  ס"מ, בהתאם לעומסים המופעלים בקומות החניון ובקומות המסחר. בקורות הוכנו מראש שרוולים למעבר צנרת ספרינקלרים וכבלי החשמל בהתאם לתכניות הסופרפרזיציה שהוכנו מראש ע"י צוות היועצים. בקומות המסחר בהן לא קיימים קירות הקשחה וחדרי מדרגות שיוכלו לקבל את הכוחות האופקיים, תוכננה מערכת הקשחה של מסגרות הבנויות מהעמודים והקורות הנמצאים בהן. מערכת זו "מושכת" אליה פחות כוחות אופקיים בזמן רעידת אדמה בזכות גמישותה והמשיכות הגבוהה שלה. על מנת לקיים פעולת מסגרת נדרש היה להעביר זיון עליון ותחתון מעל העמודים בשלושה כוונים. בשל הקונפיגורציה של המודולים המשולשים מורכבות על כל כותרת שש קורות טרומיות, כאשר ביניהם זזות של 60 מעלות. היה קשה מאוד עד בלתי אפשרי לחלוטין להרכיב על גבי הכותרת 6 קורות עם זיון בולט לכוון העמודים. בכדי לפתור בעיה זו תוכננו בקצות הקורות שקעים במידות  $20/30$  ס"מ ואורך 100 ס"מ. לאחר הרכבת הקורות הטרומיות על גבי הכותרות, הוכנסו בתוך השקעים 2 מוטות זיון בכל כוון שחיברו בין הקורות הטרומיות בחלקן התחתון ויצרו את המשכיות הזיון בחפיפה עם הזיון הקיים בקורות הטרומיות. הזיון העליון נקשר בחלקו בתוך החישוקים של הקורה הטרומית ובחלקו משני צידי העמוד בתוך הטופינג היצוק על ידי רשת אורטוגונלית בשני הכוונים. במרכז הקורות, בחלקן העליון, הוכנו 2 מגרעות על מנת לאפשר את השענת האלמנט הטרומי המרחבי שמורכב במרכז המודול המשולש.
- (4) קרומים טרומיים מרחביים בצורת משולש בעל צלע באורך של כ-400 ס"מ. עובי הקרום 6 ס"מ וב-3 השפות שלו בוצעו קורות שפה בולטות כלפי מטה  $20 \div 25$  ס"מ ששמשו קורות השענה לקרומים הנוותרים.
- (5) 3 קרומים טרומיים בצורת משולשים שווי צלעות בעלי צלע באורך של כ-400 ס"מ, ובעובי 6 ס"מ. הקרומים מורכבים לאורך שתי שפות על גבי הקורות הראשיות ולאורך השפה השלישית על גבי הקרום המרחבי עם הקורות הבולטות.
- (6) השלמת יציקה טופינג - בעובי 9 ס"מ היצוק מעל גבי הקרומים והקורות הנ"ל.

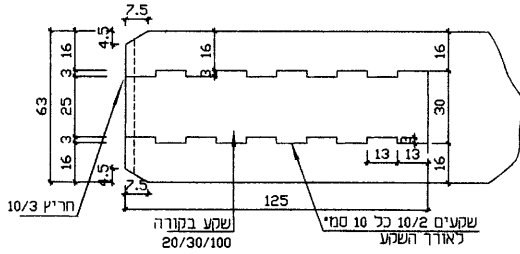
הרכיבים הטרומיים המפורטים לעיל יוצרו במפעל קואלטק בנתיבות.



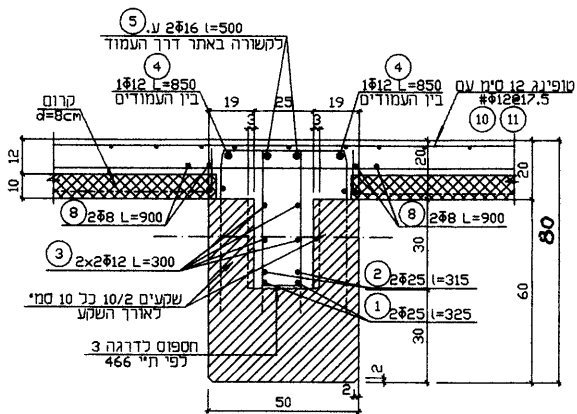
## תקרת חניון במפלס 1 - מודול טיפוסי 900/900 ס"מ



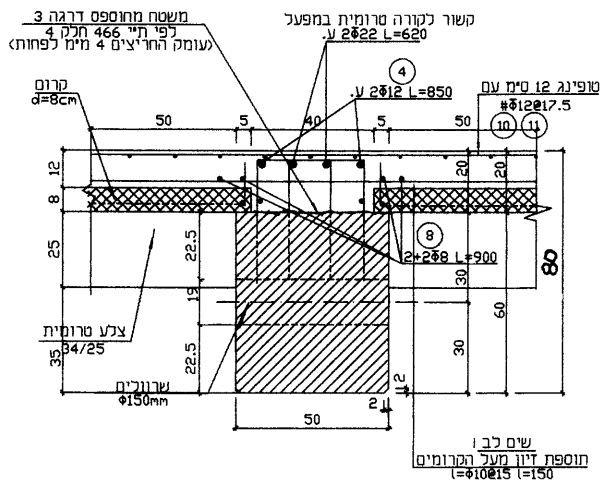
מבט על שקע בקורה 20/30/100 טרומית



חתך ב-ב



חתך א-א





(צילום: "אלבטרוס" - 29.01.97)

הרכבת קורות ותקרות בחניונים



(צילום: "אלבטרוס" - 17.11.96)

פרט יצירת המשכיות במפגש קורות מעל העמודים



הרכבת קורות ותקררות לגובה 4 קומות החניון - תקרה אחר תקרה

(צילום: "אלבטרוס" - 29.11.96)



הרכבת תקרת קומת קרקע - מרכז מסחרי 30.01.97



אתר מרכז השלום - פרספקטיבה בכיוון דרום מערב - יולי 1996

(צילום: "אלבטרוס" - 19.07.96)



תקרת החניון לאחר צבע והרכבת המערכות

(צילום: "אלבטרוס" - 29.07.96)

## מבנה השלד של המגדלים הגבוהים

שלד המגדלים הגבוהים בנוי משלושה אלמנטים עיקריים - כולם מבטון מזוין : תקרות מסיביות, גרעין מרכזי ועמודים.

### תקרות הקומות

תקרות הקומות הטיפוסיות תוכננו כתקרות מסיביות מבטון מזוין מסוג ב-40 הרתומות בקירות הגרעין בצידן האחד ונשענות על גבי קורה היקפית בולטת מהתקרה בצידן האחר. לבחירת סוג הבטון היו מספר סיבות :

א) באזור המפגש של עמודי הקומה (שהינם מבטון ב-60) עם תקרות הבטון נוצרו מאמצים גבוהים בסדר גודל של כ- 200 ק"ג/סמ"ר. גם כאשר נילקחו בחשבון מאמצים מותרים מוגדלים במקום מפגש זה (בגין התפזרות המאמצים בתחום שטח הקורה שהינה ברוחב 100 ס"מ ועובי 41 ס"מ) לא ניתן היה לקבל מאמצים אלו על ידי בטון מסוג ב-30. אי לכך נבחר בטון ב-40 המאפשר את מאמצי המגע הגבוהים תוך הגדלה של החוזק בלחיצה מ- 160 ק"ג/סמ"ר עד כדי 200 ק"ג/סמ"ר.

ב) שימוש בבטון מסוג חזק יותר מסוג ב-40 נותן אפשרות להקטין את עובי התקרות בכ- 15% בזכות מודול אלסטיות גבוה יותר ועל ידי כך לחסוך בבטון ובמשקל העצמי של התקרות.

ג) עקב הצורך לבצע קומה ב- 6 ÷ 5 ימי עבודה יש לפרק את התבניות בתוך יומיים - שלושה ממועד היציקה. ע"י שימוש בבטון מסוג חזק יותר ניתן להגיע לפירוק מוקדם של התבניות, להקטין את מספר התמיכות הזמניות ולגשת לביצוע של הקומות הבאות. הריתום בקירות הגרעין התקבל ע"י קשירת זיון מתאים מעל גבי קיר הגרעין שנוצק עד מפלס תחתית התקרה. עגון הזיון בתוך הקיר הושג ע"י כפוף מוטות הזיון בצורת וו , בתחום עובי התקרה בלבד.

## הסכמה במגדל העגול

14 קורות רדיאליות במידות 180/41 ס"מ במפתח כ- 9.8 מ' , הרתומות בגרעין ונשענות ישירות על 14 עמודים הנמצאים בהיקף הקומה. התקרה המסיבית התחומה בין הגרעין, בין הקורות הרדיאליות ובין הקורה ההיקפית הינה בעובי 16 ס"מ. בשיטה זו הושג כוון פעולה ראשי של התקרה בכוון הטנגנציאלי וניתן היה לסדר את הרשתות בכוון הראשי של התקרה כאשר משתמשים ברשתות קצרות באזור הקרוב לגרעין המרכזי, ורשתות ארוכות יותר ככל שמתרחקים מהגרעין לכוון הקורה ההיקפית. העובי הממוצע של התקרה, כולל הקורות ההיקפיות והקורות הרדיאליות הוא 24 ס"מ.

חלופה אחרת שנבחנה היתה תקרה מסיבית ללא קורות שנשענת על הגרעין ורתומה בו כאשר העובי משתנה בין 20 ס"מ בצד הרחוק מהגרעין וגדל עד כדי 30 ס"מ באזור הגרעין. העובי הממוצע של תקרה זו היה 25 ס"מ אך סידור הזיון הראשי בצורה רדיאלית היה קשה יותר ופתרון על ידי רשתות היה בלתי אפשרי. לפיכך הוצעה לקבלן החלופה הראשונה והיא נבחרה כמועדפת.

יש לציין שבתחילה תוכננו קורות רדיאליות בחתך 100/60 ס"מ המאפשרות חיטכון בזיון עקב הגובה הסטטי הגדול יותר, אך הקבלן העדיף את הפתרון של הקורות השטוחות בחתך 180/41 ס"מ המאפשר שליפה קלה ונוחה יותר של התבניות וסידור ברזל נוח יותר בתוך הקורות השטוחות. מאחר והחווה עם הקבלן הינו פאושלי היתה לקבלן את הזכות להעדיף פתרון יקר קצת יותר מבחינת סידור הזיון אך יותר נוח ומהיר מבחינתו.

### הסכמה במגדל המשולש

תקרות מסיביות בעובי 18.5 ס"מ למפתח כ- 7.2 מ' הרתומות בגרעין ונשענות על קורה היקפית ברוחב 100 ס"מ וגובה 41 ס"מ בהיקף התקרה. ב-3 הקצוות של התקרה התקבלו מפתחים גדולים עקב הצורה המשולשת של הגרעין. במקומות אלו בוצעה קורה מונמכת בחתך 200/41 ס"מ על מנת להקטין את המפתחים באזור זה ולהשאיר את עובי התקרה הדק.

### הסכמה במגדל המרובע

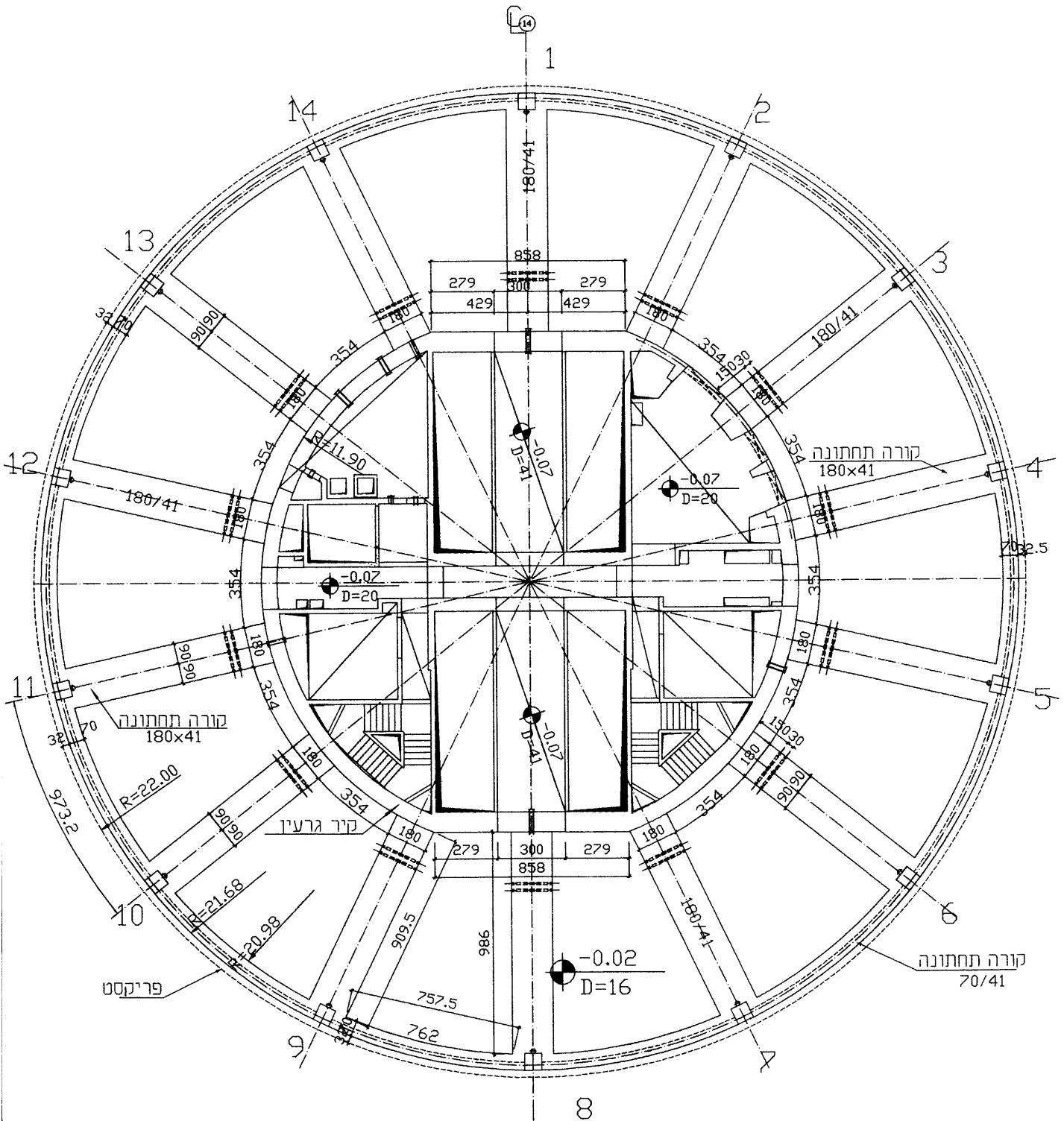
תקרות מסיביות בעובי 25 ס"מ למפתח כ- 9.3 מ', הרתומות בגרעין ונשענות על קורה היקפית ברוחב 100 ס"מ וגובה 41 ס"מ. בפנינת המגדל אין עמודים ונוצרו קונסולות של כ- 500 ס"מ. על מנת שלא להעמיס את הקונסולות יותר מידי נבחרה סכמה של קורה בצורת האות האנגלית "Y" שנשענת ורתומה בצד אחד בפנינת הגרעין ובצד השני נשענים שני הקצוות האחרים של ה- "Y" על עמודי המבנה. קורה זו בזכות הגיאומטריה המיוחדת שלה "מושכת" אליה את העומסים ומקטינה את העומסים שמגיעים אל הקונסולות. בדרך זו ניתן היה לקבל את הקונסול הארוך מבלי להגדיל את גובה הקורה ההיקפית, ולקבל התחלקות שווה של העומסים על גבי 8 העמודים הפינתיים של המגדל.



המגדל העגול - נובמבר 1996

(צילום: "אלבטרוס" - 17.11.96)

מגדל עגול  
תכנית קומה טיפוסית  
קנה מידה 1:250





(צילום: "אלבטרוס" - 23.12.96)

המגדל העגול - קומה 18 - דצמבר 1996



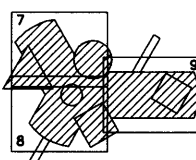
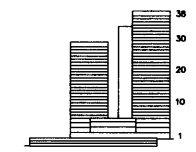
מסלול	ל	5	
מסלול	א	4	
מסלול	ב	3	
מסלול	ג	2	
מסלול	ד	1	
מסלול	ה	0	

**הערות:**

1. סוג הבטון 30-כ בתוספת
2. סוג הבטון 40-כ בכודות ועמודים
3. הארכת יסודות ומערכת כדגנה בפני בדיקת תבוצה לפי תכין יענה והמשלך רוד - רואל

המבט איננו יודיא לביקש חמיות ולחימום במסגרת של המבט הבסיס את כל המידות של כל שטח או אי המאפשר עלו המידות למתקן. אי המבט מידות על - ין מודיה מוריסס ו מרנס מן יעך אינו עש ומש על שם המודיעל במפת ה. מושג לכל במסורת המסורתית המסורתית לוחמת. אי המבט כל משעו במפת ה אי המפת המבט כל מידא אינו בבטן מות מתוכנן.

הרעיון  לאישור  לרמכור  לרכיצוע



**מרכז השלום**

יסקי עשות' אדריכלים ומתכנני ערים  
אברהם יסקי יוסף סיון  
רח' מנזר 9 תד' אביב. סלמון 6051261

אלו עטיה, אדריכל

**מגדל משולש**  
קטנת טפסיות

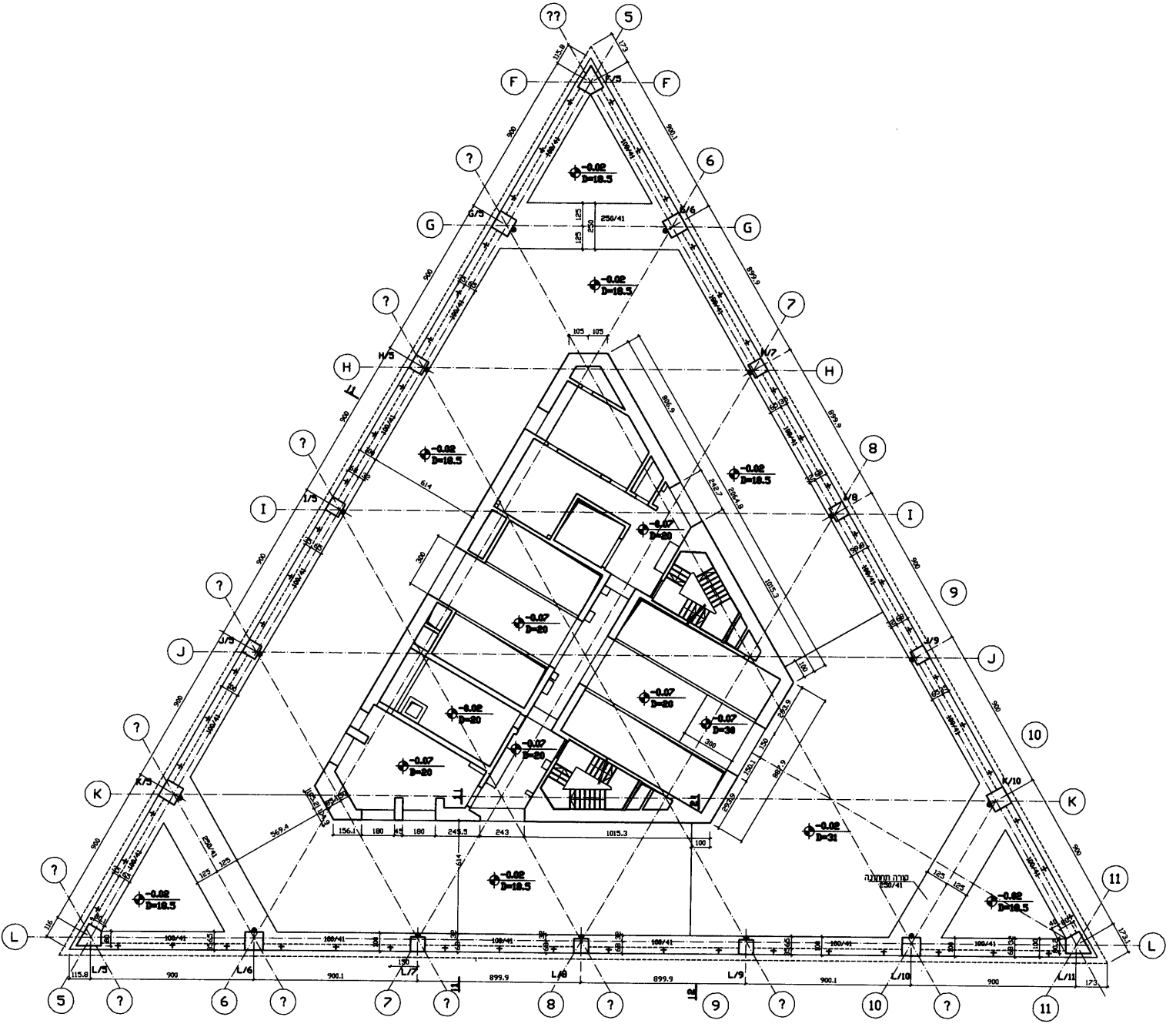
:????

T-40001

BT-40001 :????? ??

07.10.96 :????? :??

1:100 .??





(צילום: "אלבטרוס" - 15.01.97)

הרכבת "שולחן" בפינת המגדל המשולש



ביצוע הקומה ה- 14 במגדל המשולש - באגף המערבי מבוצעת התקרה

ובאגף המזרחי עדיין קושרים ברזל בקירות הגרעין (צילום: "אלבטרוס" - 29.01.97)

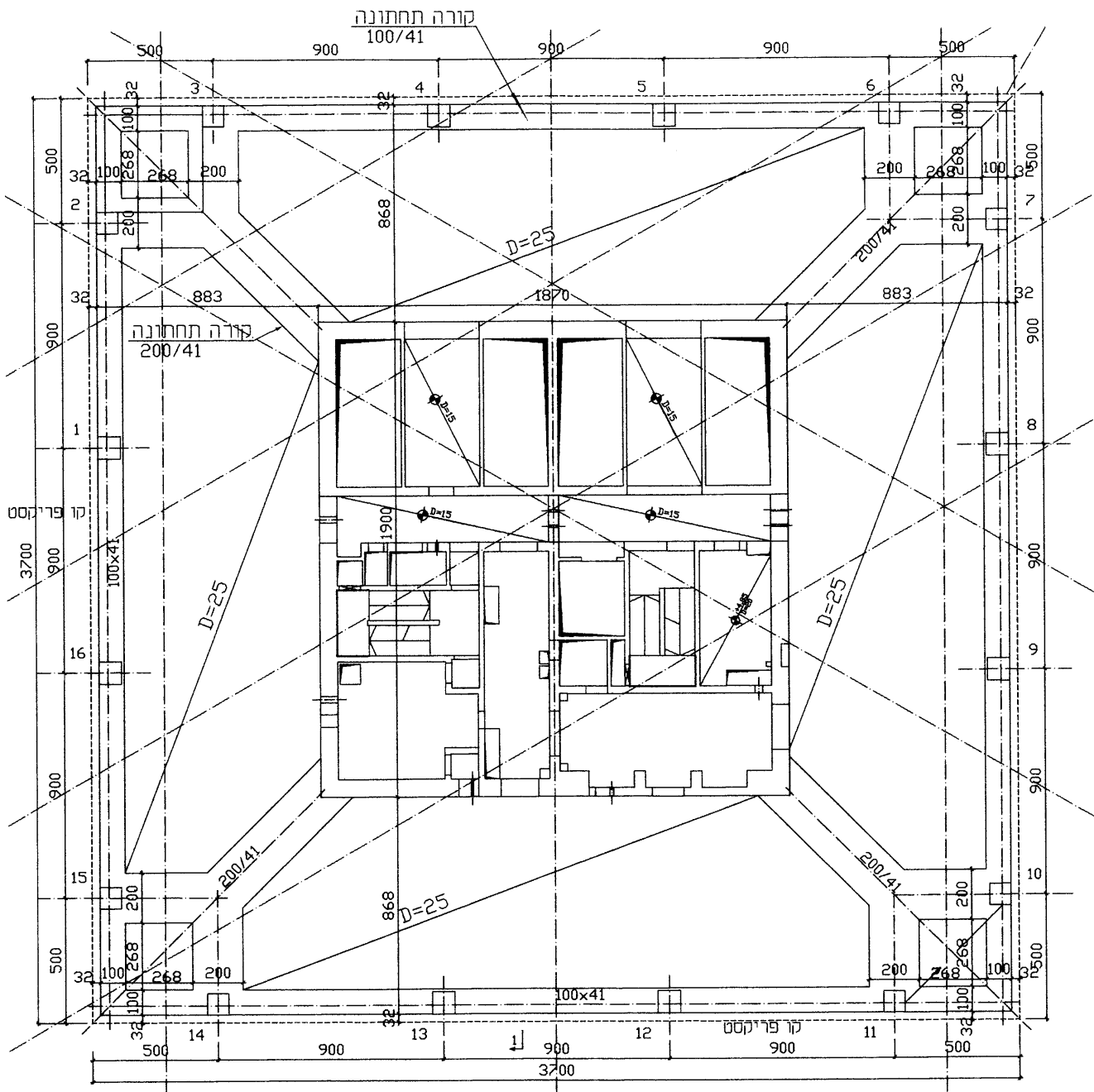


הרכבת ה"שולחנות" על גבי תמיכות זמניות ושחרורן לאחר הורדת הרגליים  
הטלסקופיות ופילוס השולחן

(צילום: "אלבטרוס" - 15.01.97)



**מגדל מרובע**  
**תכנית קומה טיפוסית**  
**קנה מידה 1:250**





(צילום: "אלבטרוס" - 29.09.96)

גמר ביצוע של 4 קומות החניון במגדל המרובע



פרט זיון של עמודי החניון

העגולים בקוטר 150 ס"מ

עם הרכבת קוצים מדורגים

לחפיפה עם העמודים

המרובעים של קומת

הקרקע

(צילום: "אלבטרוס" -

28.08.96)

## גרעין מרכזי

הגרעין המרכזי עשוי מבטון מזוין מסוג ב-40, כאשר החלק העיקרי של הכוחות האנכיים והאופקיים מתקבל ע"י הקירות ההיקפיים שעובייהם נע בין 70 ס"מ בקומות התחתונות וקטן במרכז הגובה של המגדל ל- 50 + 40 ס"מ. הגרעין יצוק בתבניות גדולות מימדים העשויות מלוחות עץ לבד המחוברים לפרופילי אלומיניום מסוג -ALUMA שהובאו מקנדה. לכל קומה הוכן סט תבניות מושלם המועבר מקומה לקומה לאחר היציקה. כמות הבטון הנדרשת ליציקת הגרעין בקומות התחתונות כ- 250 מ"ק ובקומות העליונות כ- 200 מ"ק. יציקת הבטון מתבצעת באמצעות משאבה מיוחדת שמקבלת את הבטון מתחנת בטון הנמצאת באתר, ומזרימה אותו כלפי ראש המגדל באמצעות צינור פלדה בקוטר 6 אינץ', העובר דרך גרעין המגדל לכל גובהו. מנוע מרכזי שנמצא בקומה העליונה מכוון את הזרוע ההידראולית ומזרים את הבטון למקום הנדרש. בשיטה זו ניתן להרים את הבטון עד לגובה של 200 מ' ולצקת בקצב של כ- 15 מ"ק לשעה.

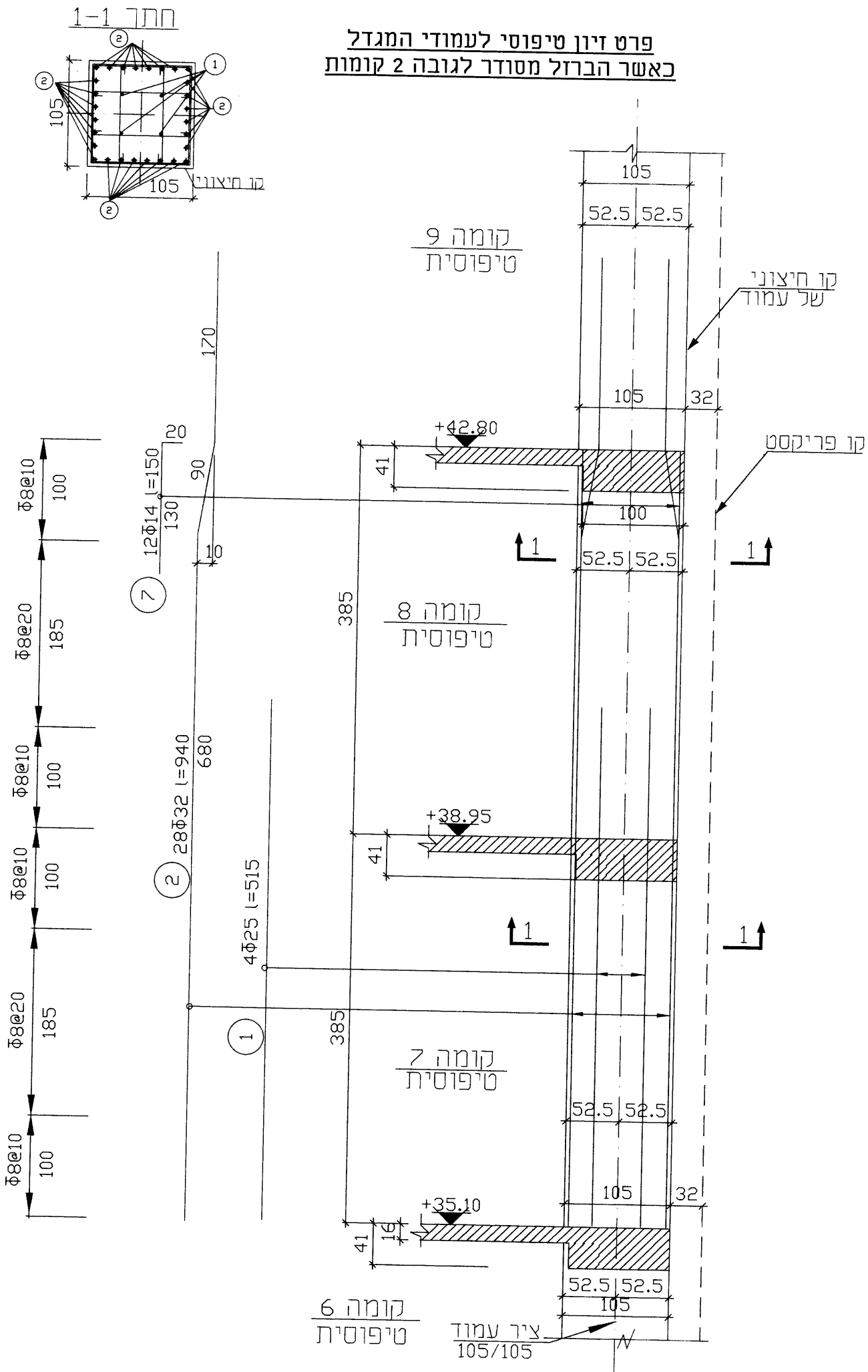
לובי המעליות הראשי ומסדרון השירות מחלקים את הגרעין ל-4 חלקים, כאשר הקשר בין חלקים אלו מושג על ידי מערכת משקופים שצריכה להיות מסוגלת לקבל את כוחות הגזירה המתפתחים בין חלקי הגרעין. סידור הזיון במשקופים אלו ע"י צלבים נקבע אף הוא בהתאם לדרישות התקן הישראלי החדש לרעידת אדמה. סידור הזיון בצלבים מאפשר את העברת כוחות הגזירה דרך מודל של מסבך הבנוי כך שאת כוחות המתיחה מקבלים ע"י הברזל האלכסוני ואת כוחות הלחץ מקבל הבטון העטוף כולו בחישוקים המצופפים באזור המפגש עם קירות הגרעין. במשקופים אלו הוכנו שרוולים למעבר צנרת חשמל ואינסטלציה בהתאם לדרישות היועצים ולאפשרות להכניס את השרוולים במקומם בכפוף לצורת סידור הזיון במשקוף.

## עמודים

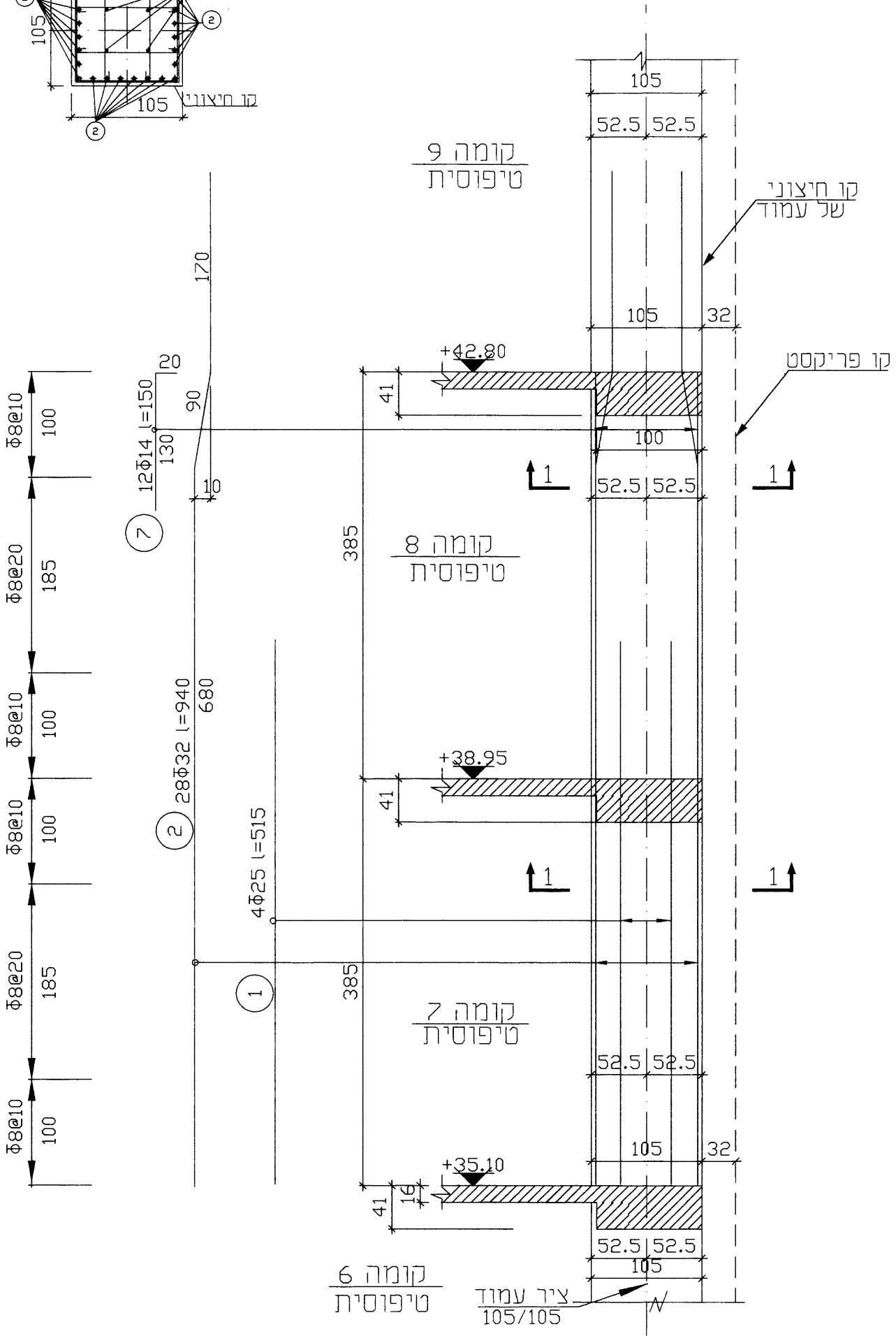
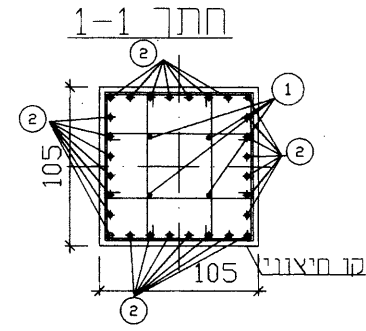
לאורך היקף הקומות מסודרים העמודים כאשר המרחק הצירי ביניהם נע בין 950 ס"מ במגדל העגול ו- 900 ס"מ במגדל המשולש והמרובע. העומס בעמודים נע בין 2,000 עד 4,250 טון.

ב-4 קומות החניון התת-קרקעי תוכננו עמודים עגולים בקוטר 150 ס"מ מבטון ב-60 עם אחוזי זיון גבוהים בסדר גודל של כ- 3% - 5%. מקומת הקרקע ועד ראש המגדל תוכננו, לפי רצון האדריכל והיזם, עמודים רבועיים במידות של בין 115/115 ס"מ בקומת קרקע, ועד 45/45 ס"מ בקומות העליונות. לפי בחירת הקבלן מתבצעת החלפת הגודל הגיאומטרי של העמודים כל 9, 10, ו-8 קומות במגדל העגול, המשולש והמרובע בהתאמה. סידור הזיון בעמודי המגדל הינו בכלובי זיון מוכנים מראש לגובה 2 קומות עם הכנה של "בקבוקים" בראש העמוד בכדי להקטין את צפיפות מוטות הזיון במקום המפגש עם כלוב הזיון של הקומות הבאות. אחוזי הזיון נעים בין 3% בקומה הראשונה בכל קבוצת עמודים עד 0.8% בקומה העליונה בכל קבוצה, כאשר יש הקטנה של כמות הזיון בכל קומה. התבניות לעמודים מבוצעות על ידי לוחות עץ לבד עם ציפוי מיוחד המחוברים לקורות עץ אופקיות היוצרות את התבנית. יציקת הבטון בעמודים מבוצעת באמצעות המנוף תוך כדי שימוש בדוד גדול עם קיבולת של 1.5 מ"ק העשוי מסגסוגת מיוחדת של פלדה ומגנזיום.

**פרט זיון טיפוסי לעמודי המגדל  
כאשר הברזל מסודר לגובה 2 קומות**



### פרט זיון טיפוסי לעמודי המגדל כאשר הברזל מסודר לגובה 2 קומות







המגדל העגול -

ביצוע קומה 12 -

כאשר קומות 10, 11

תמוכות עד

להתחזקותן המלאה.

(צילום: "אלבטרוס" -

(31.10.96

(צילום: "אלבטרוס" - 29.11.96)

מרכז השלום - פרספקטיבה מדרום - נובמבר 1996



## מערכת היציבות הקונסטרוקטיבית לכוחות אופקיים במגדלים הגבוהים

עם תחילת עבודות תכנון השלד נבחנו 2 חלופות עיקריות לסכמה הקונסטרוקטיבית המקבלת את הכוחות האופקיים: שיטת הגרעין המרכזי ושיטת ה-"TUBE IN TUBE" - המכונה שיטת "השפורפרות" (או "קופסאות המעטפת"). בשיטת ה-"TUBE" משתמשים במערכת העמודים והקורות הנמצאים בהיקף המבנה בכדי ליצור מעטפת קשיחה המסוגלת לקבל חלק ניכר מהכוחות האופקיים ולהקטין את הכוחות האופקיים המגיעים לגרעין המרכזי. מומנט האינרציה של מערכת העמודים מושג ע"י המרחק הגדול שלהם ממרכז הכובד של הקומה. בשיטה זו יש לצופף את העמודים ההיקפיים לכדי מרחק צירי כ- 3 - 4.5 מ' אחד מהשני - על מנת להקטין את אורך המשקופים המחברים ביניהם ועל ידי כך להקשיחם. גובה המשקופים צריך להיות גדול יחסית - כ-  $100 \div 75$  ס"מ בהתאמה, בכדי לקבל את הקשיחות הנדרשת שביחד עם קשיחות העמודים תשתלב ביחד למעטפת קשיחה המסוגלת לעמוד בפני הכוחות האופקיים.

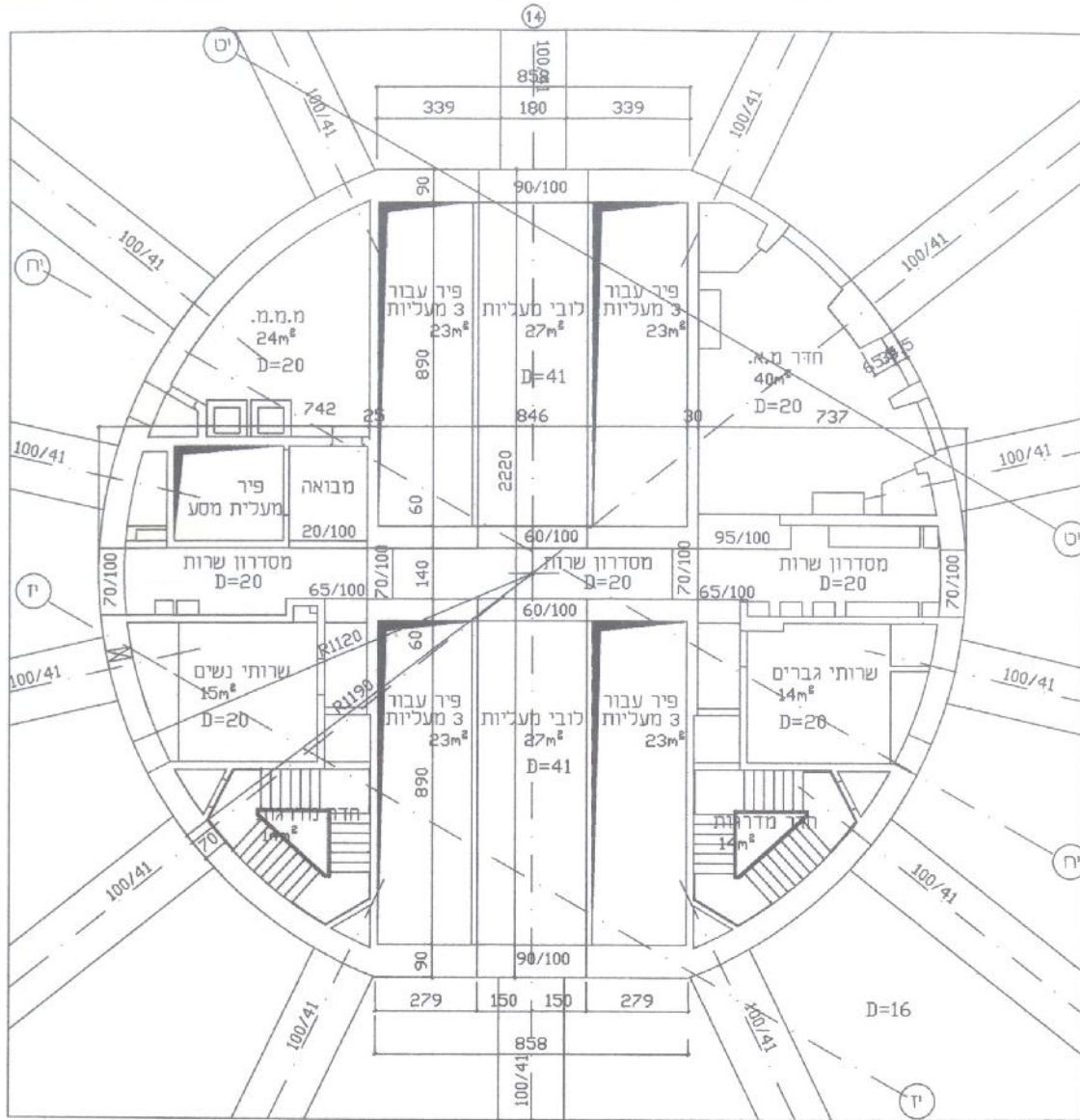
לפי התכנון האדריכלי היו המרחקים הציריים בין העמודים במגדל העגול כ- 950 ס"מ וביתר המגדלים 900 ס"מ וגובה הקורות ההיקפיות כ- 40 ס"מ. הקוטר הפנימי של הגרעין במגדל העגול הינו 2240 ס"מ ונקבע בעיקרו מאכלוס כל הפונקציות שהוא צריך להכיל כגון: לובי מעליות ברוחב 300 ס"מ לאורך כל הגרעין, 12 מעליות נוסעים מהירות (כאשר כל פיר מעלית במידות 300/260 ס"מ), 2 מהלכי מדרגות חרום והמבואות אליהם, מרחב מוגן קומתי, שירותי נשים וגברים, מסדרון שירות משני, מעלית משא, פירים למנדפים ואויר צח, פירים למערכות חשמל ואינסטלציה וחדר מיזוג אויר מרכזי בשיטת V.A.V (נפח אויר משתנה).

עובי הקירות ההיקפיים הינו 70 ס"מ בקומות התחתונות ו- 50 ס"מ בקומות העליונות. הקירות ההיקפיים מקבלים במצב שירות את העומסים האנכיים מהתקרות ומהקירות הנשענים עליהם. בזמן פעולת רעידת אדמה או רוח מתווספים לעומסים אלו כוחות נוספים בהתאם למרחק הקיר ממרכז הכובד של הגרעין. עבור בנין בן 40 ÷ 50 קומות נדרשים בשיטת ה-TUBE קירות היקפיים בעובי כ- 40 ÷ 50 ס"מ על מנת לקבל את העומסים האנכיים הפועלים על הגרעין במצב שירות.

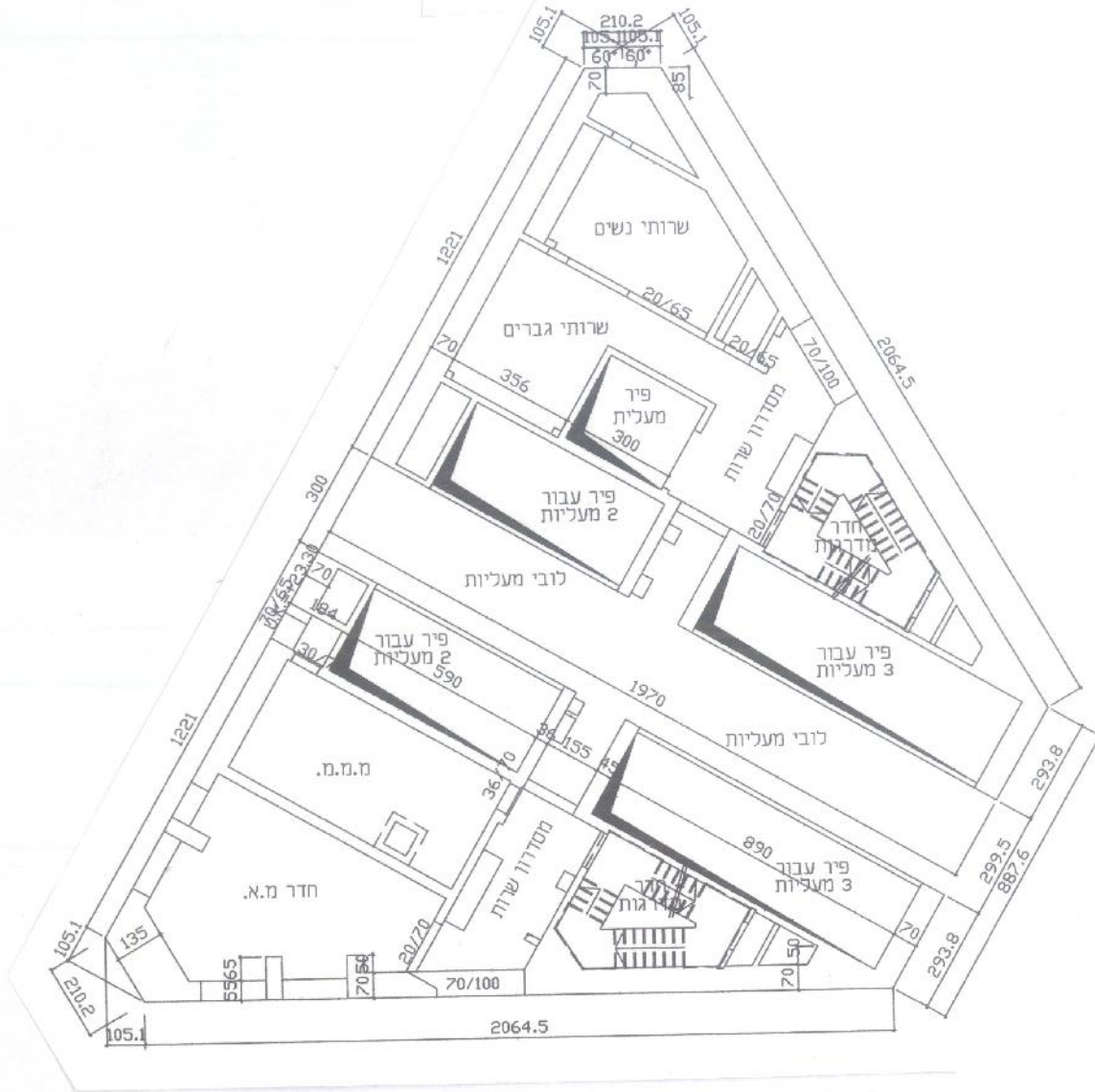
על מנת שלא לפגוע בתפקוד קומות הקניון, קומת הקרקע וקומות החניון התת-קרקעיות היה צורך לשמור על המרחקים הגדולים בין העמודים בקומות אלו. בכפוף לכך, במקרה של שימוש בשיטת ה-TUBE יש צורך ליצור קומת מעבר הכוללת מערכת קורות מעבר כבדות ויקרות שיעבירו את העומסים של עמודי הביניים הקיימים כל 3 - 4.5 מ' לעמודים הראשיים של המבנה הנמצאים כל כ- 9 - 9.5 מ'.

לאחר בחינת 2 האפשרויות הן מבחינה כמותית והן מבחינה איכותית ומאחר והאדריכל והיזם לא היו מוכנים לקבל את ציפוף העמודים בחזיתות המגדלים ואת הגדלת מימדי הקורות ההיקפיות ירדה שיטת ה-TUBE מהפרק.

**מגדל עגול - גרעין קומה טיפוסית, 1:200**



**יציקת קורות היסוד לגרעין המרכזי במגדל העגול - מרץ 1996**

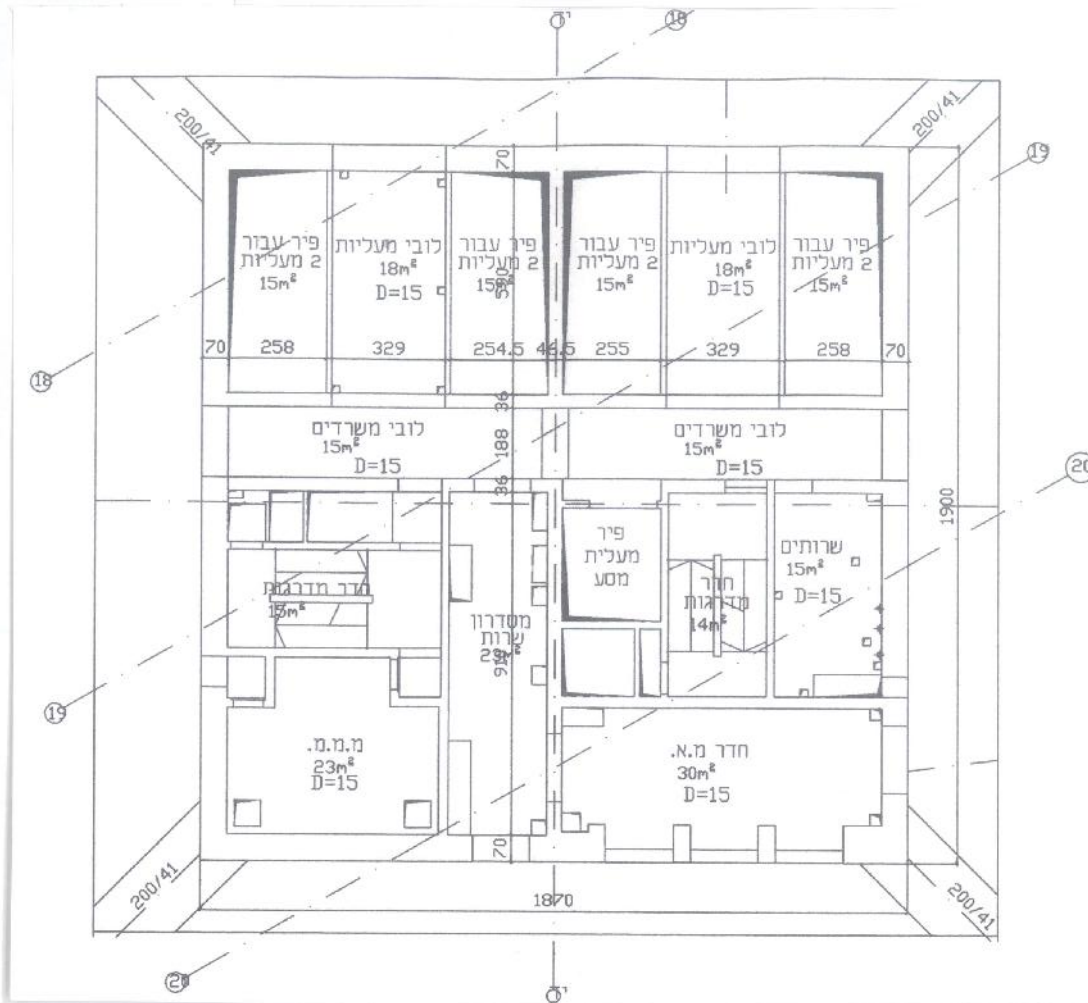


**מגדל משולש - גרעין קומה טיפוסית 200:1**

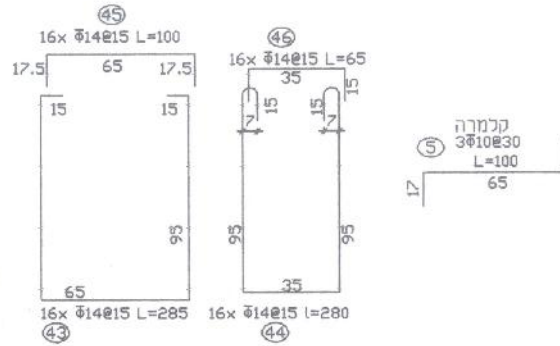
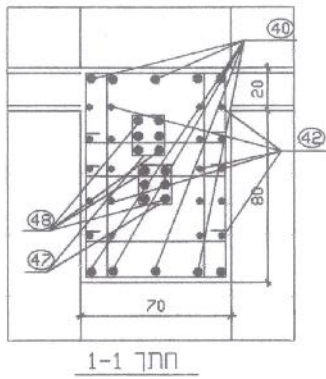
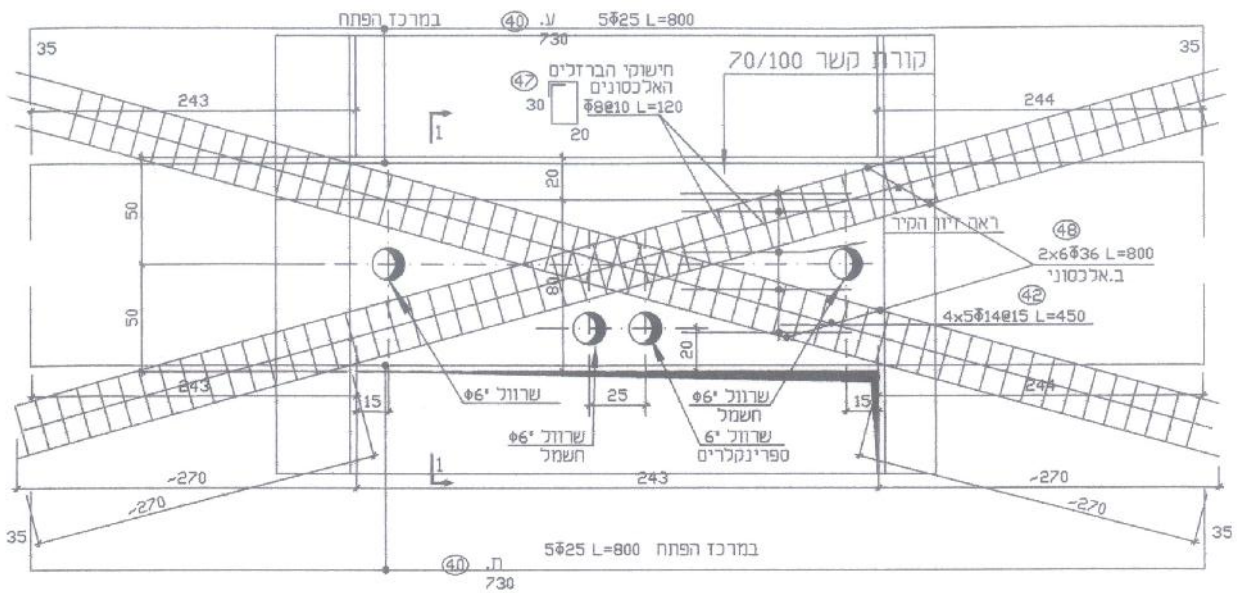


**יציקת קורות יסוד לגרעין המרכזי במגדל המשולש - מרץ 1996**

**מגדל מרובע - גרעין קומה טיפוסית, 1:200**



**הרכבת תבניות לגרעין המרכזי במגדל המרובע  
בקומות החניון - אוגוסט 1996**



הזיון בצלבים מוכן מראש במשטח העבודה ומורכב לאחר מכן לתוך תבניות הקירות - ינואר 1997

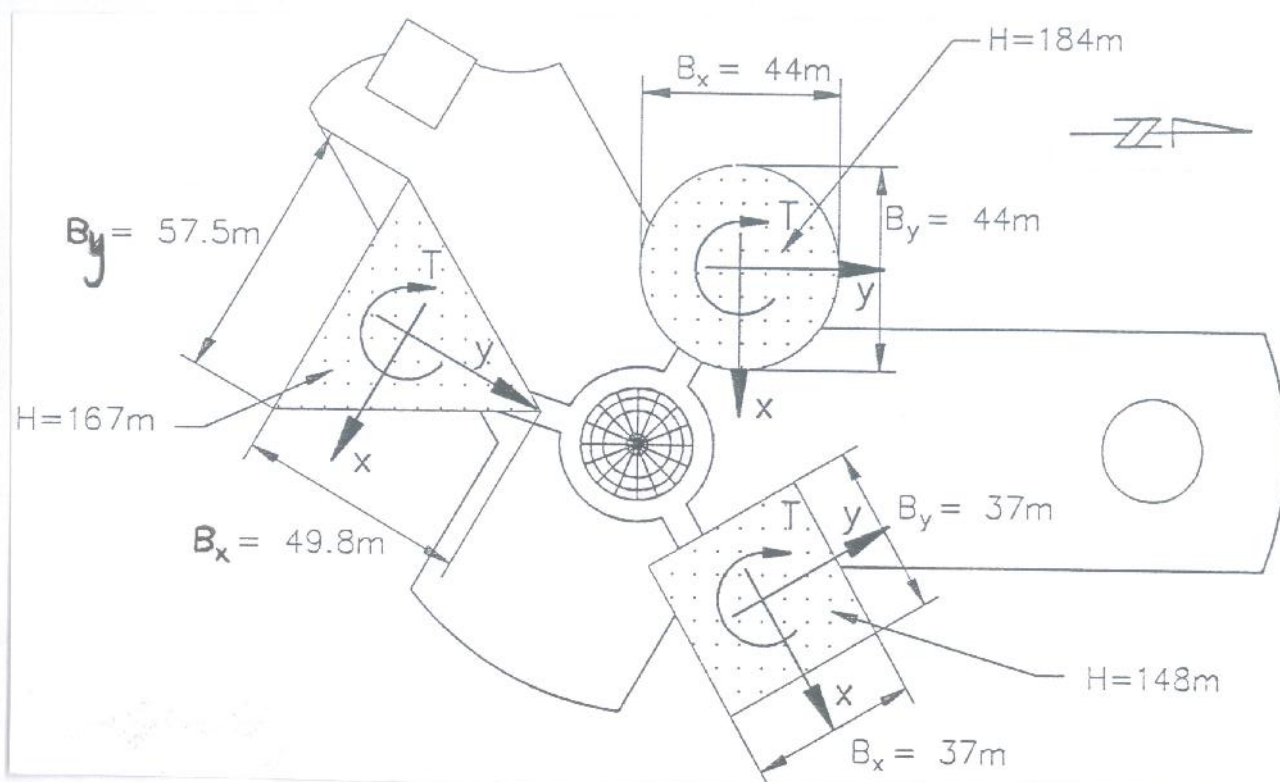
## השפעת הרוחות על המגדלים

בתחילת עבודת תכנון השלד, בחודש אוגוסט 1995, בוצעו בדיקות מקיפות של השפעת הרוחות על שלושת המגדלים בעלי הצורות השונות הנמצאים זה ליד זה. הבדיקות בוצעו במנהרת רוח בפקולטה למדעי ההנדסה באוניברסיטת מערב אונטאריו - שבקנדה בעלות של כ- \$ 65,000, ונערכו על ידי צוות מהנדסים בראשותו של פרופסור א.ג. דאוונפורט הנחשב מומחה עולמי ובר סמכא בתחום זה.

לצורך הבדיקות נבנה מודל עבודה מדויק של הקומפלקס כולו בקנה מידה 1:400, כאשר בתוך המודל הותקנו 700 חיישנים ומדידי לחץ בנקודות שונות לאורך ולגובה חזיתות המבנים הגבוהים והמרכז המסחרי. לשם קבלת תוצאות מדויקות המתאימות ככל האפשר למציאות, הוכן מודל מדויק הכולל גם את כל המבנים הסמוכים לפרויקט ברדיוס של קילומטר אחד. לפני ביצוע הניסוי נערך על ידי פרופ' דאוונפורט וצוותו, מחקר מקיף על משטר הרוחות באזור הפרויקט הכולל בדיקה של המחזוריות והעוצמה של הרוחות החזקות שנשבו באזור במאה השנים האחרונות. המודל הוכנס למנהרת הרוח המשוכללת בעולם ונבדקה השפעת הרוחות העלולות להתרחש בעוצמה המירבית פעם במאה שנים. לאחר כל בדיקה נרשמו התוצאות במחשב והמודל סובב ב- 10 מעלות ונבדק שוב. בסך הכל נבדק הפרויקט 36 פעמים משלושים ושישה כווני רוח. המהנדסים נדרשו לבדוק את התנהגות המגדל העגול כאשר הוא נמצא לבדו וכאשר הוא בסמיכות למגדל המשולש והמרובע שנבנו ליזו מאוחר יותר. תוצאות הניסוי הוזנו למחשב ובוצעה אינטגרציה של הלחצים שהתקבלו במדידי הלחץ המפוזרים לגובה המגדלים. ספר התוצאות כלל נתונים לגבי כוחות הגזירה, ומומנטי הכפיפה והפיתול המקסימליים בשמונה נקודות לגובה המגדלים הגבוהים עבור 36 כווני הרוח שנבדקו. כמו כן נתקבלו נתונים לגבי כוחות לחץ ויניקה מקסימליים הצפויים במשך תקופת חזרה של 100 שנים, החשובים לתכנון קירות המסך והחלונות. תוך כדי שימוש בנתונים שהתקבלו ממנהרת הרוח חושבו ההטרחות המקסימליות על כל מבנה ומבנה, כאשר במקביל בוצעו חישובים כנ"ל לפי התקן הישראלי כולל בדיקת ההשפעה הדינמית של הרוח. התוצאות שנתקבלו ממנהרת הרוח הראו ערכים גבוהים בכ- 20 + 25 אחוז מהתוצאות שהתקבלו מהחישוב לפי התקן הישראלי. יש לציין שהאנליזה הדינמית לפי התקן הישראלי אינה מדויקת דיה, ואינה יכולה לתת תשובה מספקת לחישוב כוחות הרוח על מבנים גבוהים בסדר גודל כזה, וכמובן אינה יכולה לקחת בחשבון את הקרבה היחסית בין המגדלים, שהיא בעלת השפעה מכרעת על התנהגות הקומפלקס בזמן רוחות.

הדו"ח שהוכן בקנדה נמסר גם לקבלנים המשתתפים במכרז לייצור קירות המסך הטרומיים והחלונות, והם מחוייבים להתחשב בכל הפרמטרים והנתונים הנמצאים בו לצורך תכנון המוצר.

עריכת הניסוי במנהרת הרוח במעבדה המנוסה ביותר בעולם בשטח זה, נותנת ליזם, למהנדסים ולקבלנים מסמך בעל ערך הן מבחינה מקצועית והן מבחינה ביטוחית אשר מקטין את אי הוודאות לגבי פעולת כוחות הרוח על המבנים, על קירות המסך והחלונות בזמן סופות רוח לא שגרתיות, ומאפשר את הקטנת תעריפי הביטוח בעבור הפרויקט כולו. התוזות המקסימליות הצפויות בזמן סופות רוח היא בסדר גודל של עד 15 ס"מ בראשי המגדלים. במנהרת הרוח נבדקה גם השפעת הרוחות ומידת נוחות השימוש באזורים שונים של הפרויקט על הולכי רגל והקהל הנמצא בסביבתו. הנתונים נמסרו לאדריכל הבנין - משרד אברהם יסקי, לצורך בחינת הנתונים והתאמת האיזורים השונים לשימוש, או עריכת שינויים והתאמות במערכת פיתוח השטח הסביבתי בכדי לשפר את נוחות השימוש במתקנים הקיימים כמו בתי קפה, מסעדות, אמפיתיאטרון, כניסות ראשיות למגדלים וכדומה.



תרשים המראה את המידות הגיאומטריות של המגדלים וכווני מערכת הצירים של המגדלים



צילום של מודל העבודה בתוך מנהרת הרוח כולל מודל המבנים הסביבתיים שהוכן ב"מעלה הזרם"



מבט מקרוב של המודל בתוך מנהרת הרוח  
במעבדה בקנדה



דוגמא מתוך ספר התוצאות  
שהוכן ע"י המעבדה בקנדה:  
יניקה דיפרנציאלית מקסימלית  
החזויה עבור תקופת חזרה  
של 100 שנים.  
- קונפיגורציה סופית  
- מגדל עגול -  
חזית מזרחית

FIGURE 6b PREDICTED PEAK DIFFERENTIAL SUCTIONS (i.e. outward acting loads = external suction less internal pressure) FOR A 100 YEAR RETURN PERIOD  
\*\*\* FINAL CONFIGURATION - CIRCULAR TOWER: EAST ELEVATION \*\*\*

**השפעת רעידות אדמה על המגדלים**

הפרויקט תוכנן לעמוד בפני הכוחות הפועלים עליו בזמן רעידות אדמה לפי התקן הישראלי החדש ת"י 413, יוני 1995, כאשר הגרעינים היצוקים באתר מבטון מזוין ונמצאים במרכז הקומה מהווים את המערכת הקונסטרוקטיבית המקבלת את הכוחות האופקיים ושומרת על יציבות המבנה.

התקן החדש לרעידות אדמה נכנס לתוקפו במהלך תחילת עבודת התכנון של שלד המבנה. על מנת לקבל פרספקטיבה מלאה וחוות דעת נוספת על כל דרישות והמלצות התקן החדש קיימנו התייעצויות שוטפות עם פרופסור יעקב גליק מהטכניון הנחשב מומחה עולמי ובר סמכא בתחום זה במדינת ישראל ובעולם. פרופ' גליק המליץ לבחור את מקדם הקטנת הכוח  $K = 5$ , לפי רמת המשיכות הבינונית, על מנת שלא לשלם בברזל בעבור כל דרישות התקן בעבור רמת המשיכות הגבוהה, ולקבל בטחון נוסף במקרה של כוחות גדולים יותר מדרישות התקן בזמן רעידת אדמה חזקה. בהמלצת פרופ' גליק הזמנו גם בדיקה בפועל של מקדם השתית של הקרקע S (הנע בין 1.0 ל- 2.0). הבדיקה בוצעה באתר ע"י דר' אבי שפירא מהמכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה - ומקדם הקרקע נקבע ל- 1.2. ללא הבדיקה היה נדרש להשתמש במקדם הקרקע  $S = 1.5$  שהיה גורר אחריו כוחות הגדולים ב- 25% מאחר והכוחות גדלים ליניארית בהתאם למקדם הקרקע S. התזוזות המחושבות בזמן רעידות אדמה הן בסדר גודל של  $15 \div 25$  ס"מ במגדלים השונים והמומנטים שהתקבלו היו לפי פרוט כדלהלן:

**טבלת ריכוז מומנטי כפיפה ותזוזות מכוחות רוח ורעידות אדמה במגדלים**

מגדל מרובע	מגדל משולש	מגדל עגול			רעידת אדמה
179,000	223,000	267,000	מומנט (tm)	סביב ציר X	
15.9	12.6	24.8	תזוזה (cm)		
178,000	228,000	264,000	מומנט (tm)	סביב ציר Y	רעידת אדמה
14.1	20.8	21.6	תזוזה (cm)		

מגדל מרובע	מגדל משולש	מגדל עגול			רוח
80,000	* 170,000	97,000	מומנט (tm)	סביב ציר X	
6.5	15.5	8.2	תזוזה (cm)		
80,000	** 100,500	97,000	מומנט (tm)	סביב ציר Y	רוח
6.5	5.6	7.2	תזוזה (cm)		

\* עבור חזית ראשית ברוחב 57.5 מ'

\*\* עבור חזית צד ברוחב 50 מ'

במגדל העגול נתקבלו מומנטי כפיפה בשני הכוונים בזמן רעידות האדמה הגדולים מהמומנטיים עקב הרוחות וזאת עקב המסה הגדולה של שלד הבטון ובהתחשב בצורת המגדל העגולה (מקדם צורה  $C_t = 0.8$ ).

בתכנון יסודות הגרעין נקבעו הערכים התכנוניים המקסימליים משילוב העומסים האנכיים במצב שירות ביחד עם תוספת הכוחות שנבעה מפעולת רעידת האדמה - תוך התחשבות בהגדלת תסבולת היסודות ב-33 אחוז המותרת לפי התקן.

בתכנון הזיון נקבעה כמות הזיון הנדרשת ברוב הקירות הנמצאים בהיקף הגרעין, משילוב העומסים הכולל את העומסים האנכיים ממצב השירות כאשר הם מוכפלים במקדמי הביטחון 1.4 ו-1.6, ותוספת העומסים בזמן הרוחות כאשר הם מוכפלים במקדם ביטחון בשעור 1.2 לפי התקן הישראלי. רק בחלק מהקירות הפנימיים הקרובים למרכז הכובד נקבעה כמות הזיון הנדרשת לפי מצב שירות המוכפל במקדמי הבטיחות. שילוב העומסים הכולל מצב שירות ועומסי הרוח היה ברוב המקרים חמור יותר מהשילוב הכולל את השפעת רעידת האדמה, זאת עקב הצורך להכפיל את תוצאות שילוב זה במקדמי בטיחות לפי ת"י 466. תופעה זו הינה מעניינת מאחר ובדרך כלל מבחינה פסיכולוגית הציבור הרחב מודאג יותר מהשפעת רעידת אדמה ולא מהשפעת רוחות.

במבנים בסדר גודל כזה, הן מבחינת גובה והן מבחינת שטח החזיתות, יש לקבוע את חוזק האלמנטים המתנגדים לכוחות האופקיים לפי השפעת הרוח ולהתייחס אליה במלא תשומת הלב כולל ביצוע בדיקת השפעת הרוחות במנהרת רוח.



סידור זיון בצלבים - במשקופים - בחתך 70/100 ס"מ  
באורך של 243 ס"מ - במגדל המשולש

(צילום: "אלבטרס" - 29.09.96)

## חיבור קירות המסך לשלד המבנה

התזוזה הבין קומתית המחושבת בזמן רעידת אדמה בכל אחד משלושת המגדלים, הינה בשיעור 6 מ"מ לקומה על פי האנליזה הדינמית. לפי התקן החדש יש להכפיל תזוזה זו במקדם הקטנת הכוח  $K = 5$  ולקבל את התזוזה האופקית האלסטית המקסימלית הצפויה להתרחש בזמן רעידת אדמה.

בהתאם לכך תוכננו החיבורים של קירות המסך כך שתתאפשר התזוזה היחסית בשעור של 30 מ"מ בין תקרות המבנה ובין קירות החזית, וימנעו נזקים הצפויים לקירות ולחלונות המשולבים בקירות המסך אילולא היתה מתאפשרת תזוזה זו. כל אלמנט טרומי מחובר בארבע נקודות אל שלד המבנה. ב-2 נקודות בחלקו התחתון של האלמנט הטרומי מתוכנן חיבור קבוע המבוצע ע"י ברגים המחברים אביזר חיבור מפלדה מגולוונת אל פרופילי תעלה המבוטנים בתקרות הבטון. בחלקו העליון של האלמנט מתוכנן החיבור הנייד המבוצע ע"י ברגים המתחברים לאביזר מפלדה מגולוונת בעל חורים מאורכים כאשר בין הפריקסט ובין אביזר החיבור מפרידות לוחיות טפלון המאפשרות את החלקת האלמנט בזמן הזזת התקרה. אביזר הפלדה מחובר לתקרת הבטון ע"י 2 ברגים המתקשרים לפרופיל תעלה המבוטן בתקרה.

המנעות מתכנון וביצוע של פרט החיבור המתואר לעיל אשר מאפשר את החופש הנדרש לתזוזות, עלולה לגרום למספר תופעות מסוכנות :

- (1) הקשחת המבנה באופן רגעי והפעלת כוחות אופקיים נוספים שלא נלקחו בחשבון בזמן תכנון השלד.
- (2) התהוות כוחות גדולים ביותר בנקודות החיבור של החזיתות לשלד המבנה- אשר אביזרי החיבור לא יהיו מסוגלים לעמוד בהם.
- (3) הופעת עיוותים בתוך החזיתות הטרומיות (הפריקסט מקבל צורת מקבילית) אשר גורמים לסדיקה ושכירה בתוך משור החזית הטרומית.
- (4) גרימת נזקים לחלונות המשולבים בחזיתות עם אפשרות של שכרים בחלונות או התפרקות כללית של החלונות, כפי שקרה במגדל ג'ון הנקוק בשיקאגו שהביא לתביעה האזרחית הגדולה ביותר בתולדות ארצות הברית.



דוגמא לפריקסט טיפוסי -

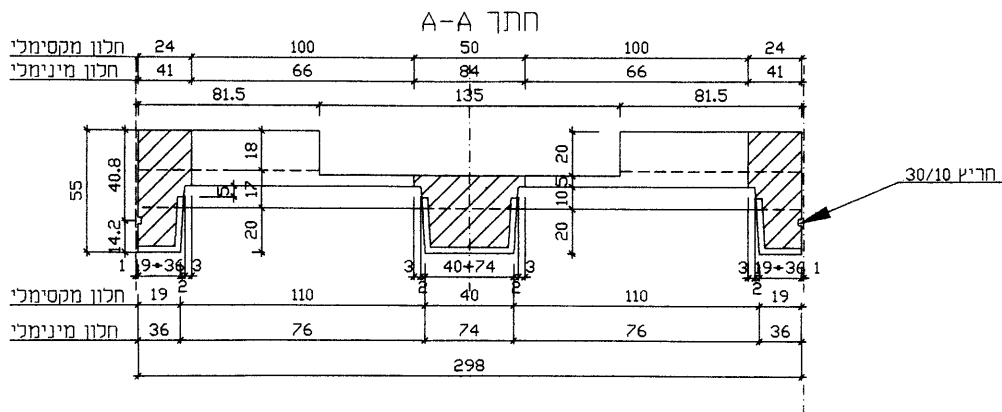
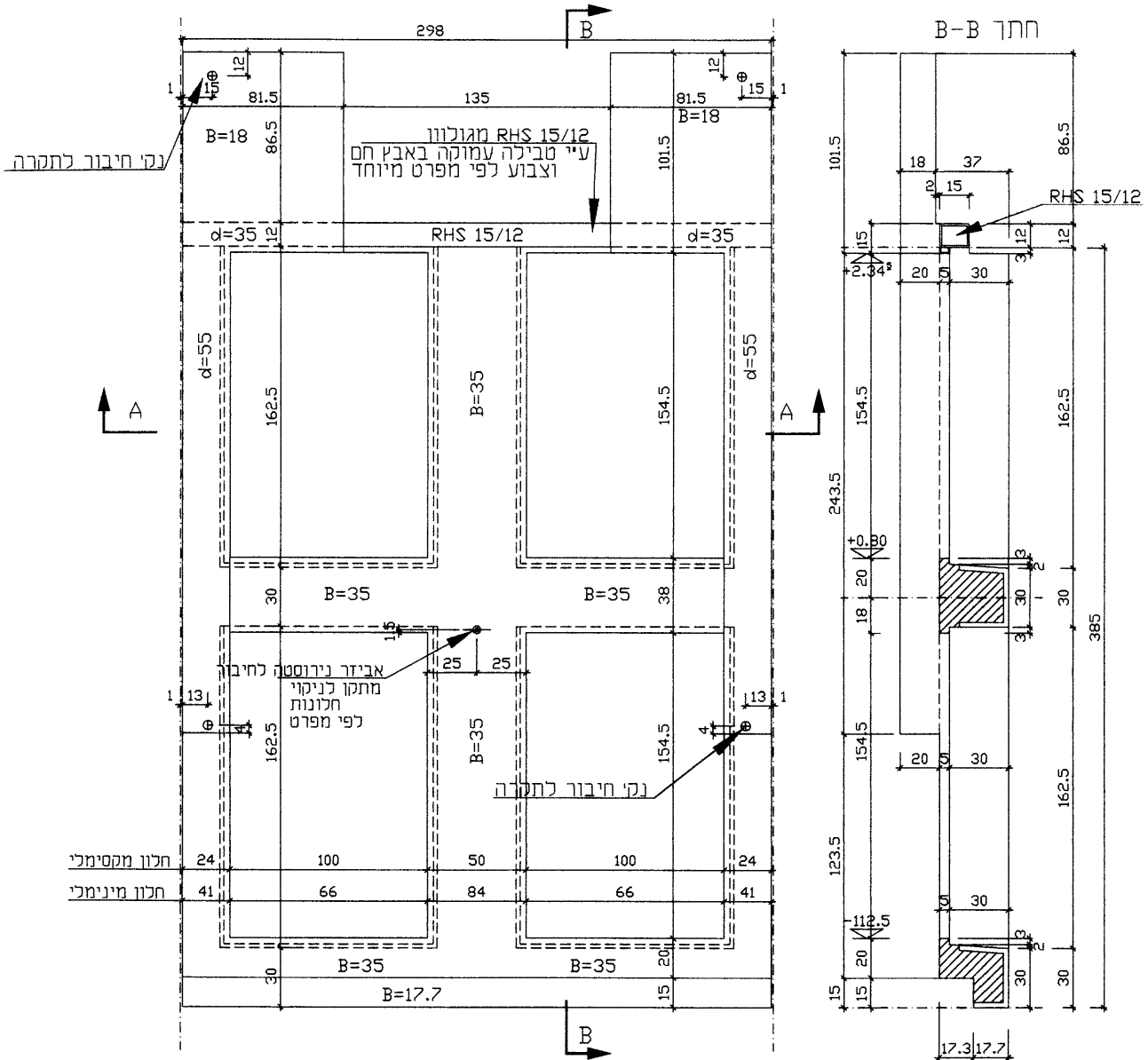
כולל חיפוי באבן גרניט

מסוג GREAM CHAMPANGE

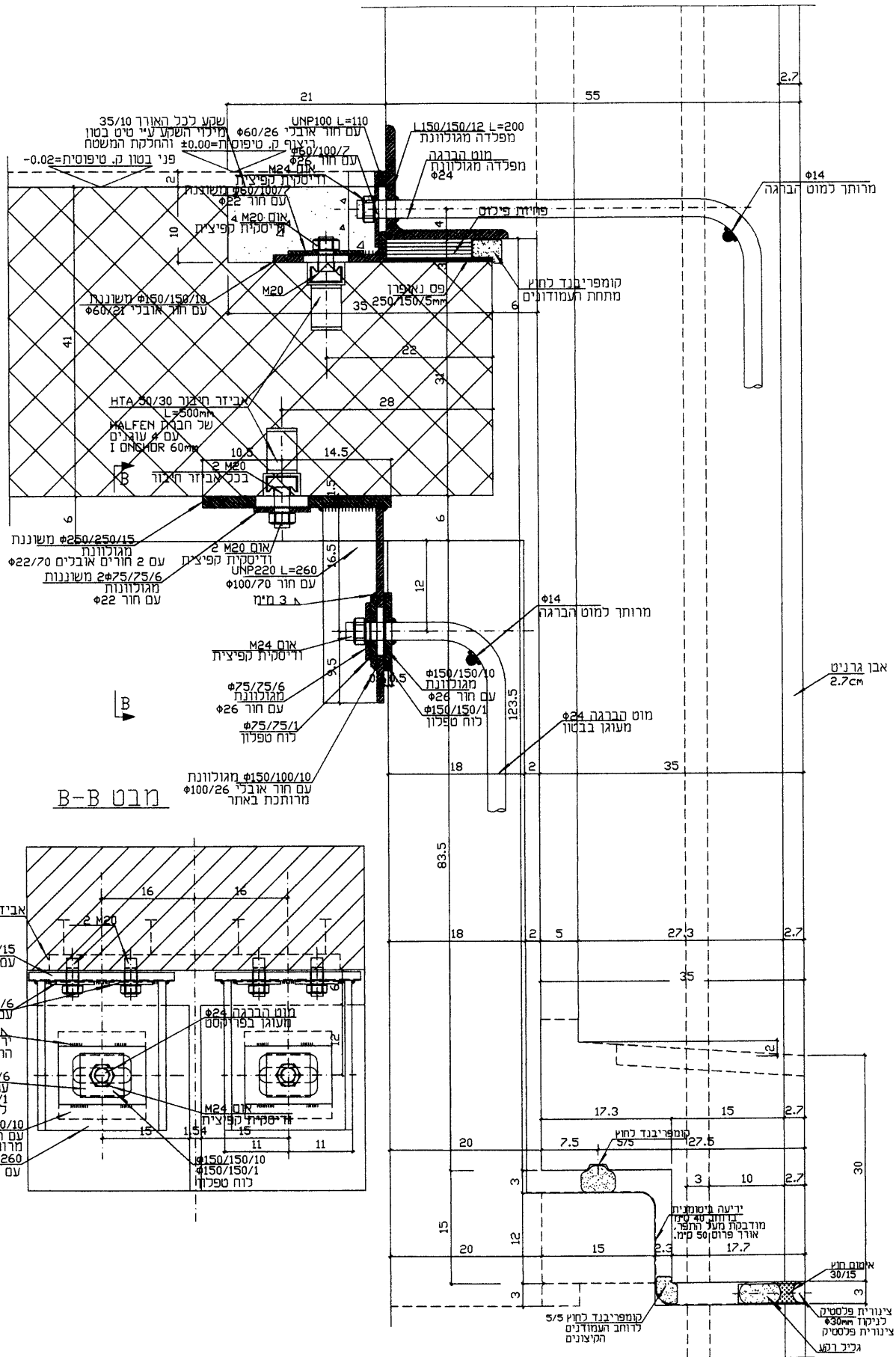
בעיבוד FLAME

אוגוסט - 1996

**פריקסט טיפוסי - קומת משרדים טיפוסי, בנין משולש ומרובע**



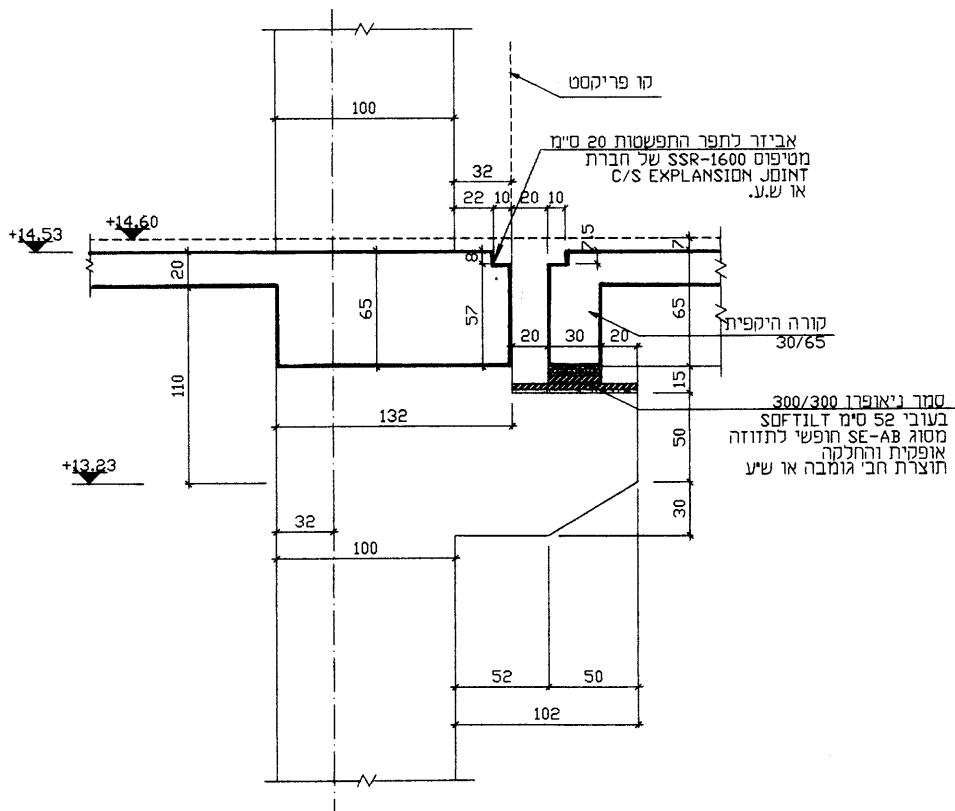
### פרט חיבור טיפוסי של קירות מסך טרומיים לתקרת קומה טיפוסית 1:7.5



## תפרי הפרדה בין המגדלים והמבנה הנמוך

תכנון התפרים בין המגדלים ובין תקרת קומות המסחר והחניון בוצע אף הוא בהתאם להנחיות התקן החדש לרעידות אדמה. המרווחים בין המבנה הגבוה למבנים הנמוכים יותר, נדרשים בכדי למנוע את התופעה של הקשה בין מבנים הסמוכים אחד לשני בגין זמני מחזור שונים של שני המבנים, בזמן תנודה ברעידת אדמה או רוח. התפר שבוצע ב-4 קומות החניון הינו ברוחב 50 מ"מ. מרווח זה ינוקה מכל מילוי או פסולת בניה ולכלוך וימולא בחומר אלסטומרי המתאים לתפרי התפשטות ססמיים. ב-3 הקומות המהוות את המרכז המסחרי שגובהן 20, 26 ו-32 מ' מפני היסודות בוצעו מרווחים של 200 מ"מ בין המבנים הסמוכים. בפעם הראשונה בארץ מתבצע שימוש באביזרים סיסמיים מיוחדים מסוג SSR 1600 מתוצרת חברת C/S GROUP על מנת לגשר על המרווחים הנ"ל במפלס פני הריצוף. האביזר מבוסס על משטח ממתכת ברוחב כ-70 ס"מ הכולל בתוכו את ריצוף האבן ומחובר ע"י מספריים קפיציים אל שני צידי התפר. בזמן תזוזות אופקיות גדולות מסוגל המשטח להחליק על פני הדפנות המשופעות הנמצאות משני צידיו ולהתרומם מעל גבי מפלס התקרה. לאחר ההתרחקות החוזרת של שני חלקי המבנה מחליק המשטח מטה לאורך השיפועים וחוזר למקומות במרכז התפר. אביזרים דומים קיימים גם בתפרים האנכיים בין קירות המגדלים וחזיתות המרכז המסחרי.

על מנת לאפשר את התזוזות הנדרשות בזמן רעידות אדמה בשיעור של 200 מ"מ הושענו הקורות ההיקפיות של המרכז המסחרי (הנשענות על קונסולים הבולטים מעמודי המגדלים הגבוהים) על גבי סמכי ניאופרן מיוחדים במידות 300/300 מ"מ הכוללים משטח טפולן בצורת טבעת בעובי 8 מ"מ, המחליק על גבי פחית נירוסטה מיוחדת במידות 700/700/2.5 מ"מ המאפשרת את החלקת הסמך בשיעור 200 מ"מ לכל כוון בהתאם לדרישות התקן, מבלי ליצור כוחות אופקיים גדולים בזמן תזוזתו.

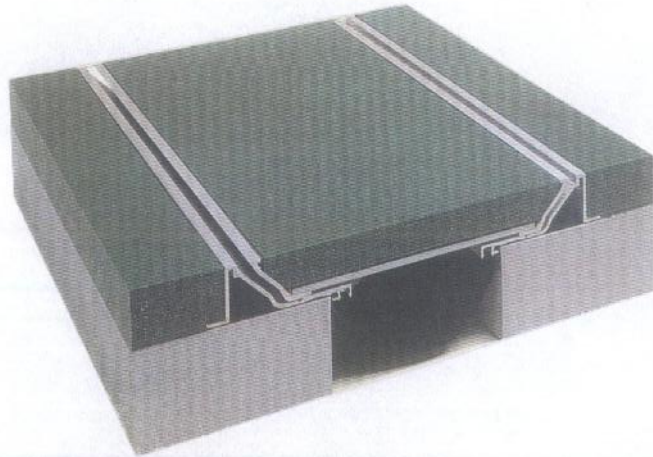


פרט טיפוסי להשענת תקרות המרכז המסחרי על גבי

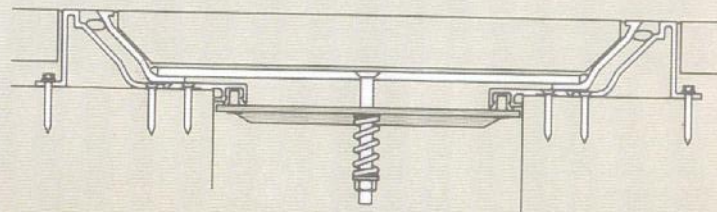
קונסולים הבולטים מעמודי המגדלים הגבוהים

FLUSH  
SEISMIC  
JOINT  
COVERS  
FOR STONE  
FLOOR  
FINISHES

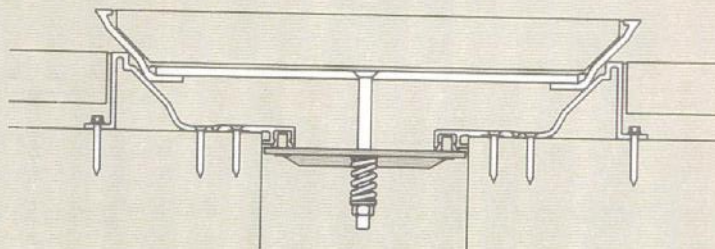
פרט תפר סייסמי מסוג SSR עבור ריצוף אבן  
ברצפות המרכז המסחרי



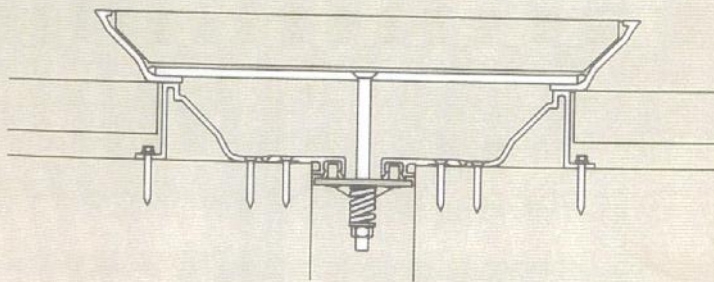
**SSR PLAZA JOINT CYCLING CHARACTERISTICS**



1. SSR COVER IN NOMINAL POSITION, ALLOWING FOR SEASONAL EXPANSION AND CONTRACTION.



2. DURING SEISMIC MOVEMENT, THE CENTER PAN WILL BE DISPLACED BY RIDING UP THE FRAMES.

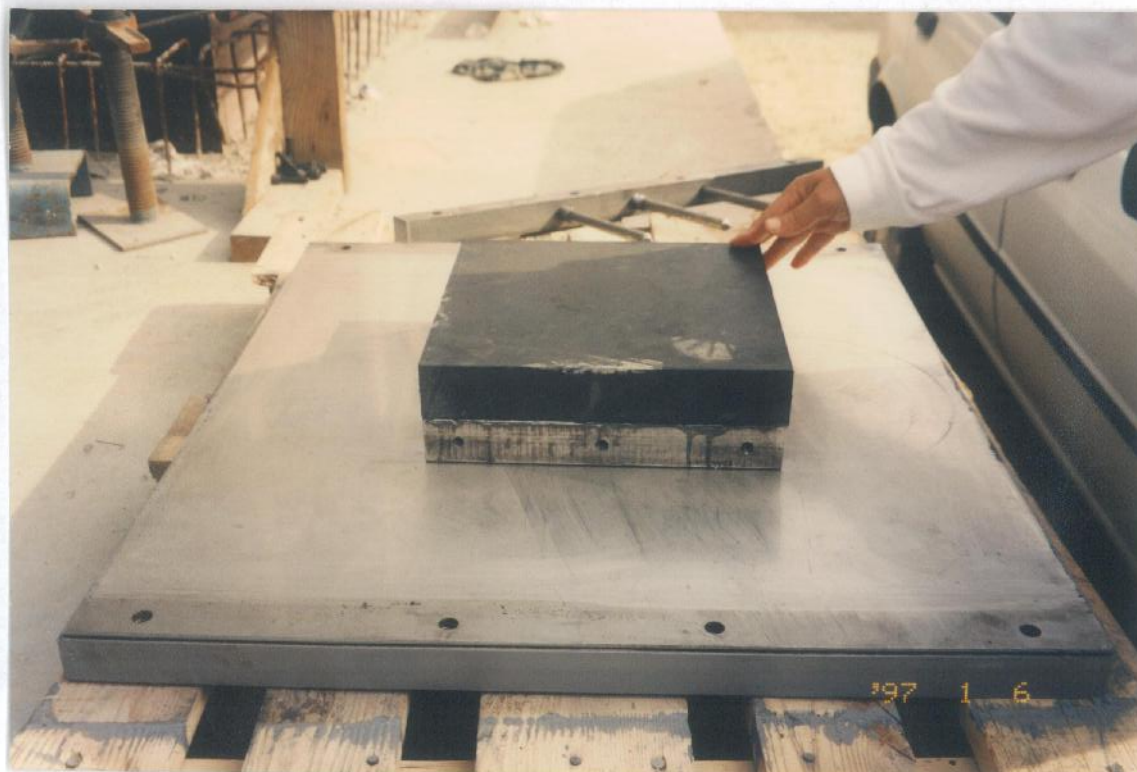


3. THE CENTER PAN WILL RAISE AND CLEAR THE FRAMES TO ALLOW FOR FULL SEISMIC MOVEMENT.

פרט תפר סייסמי ברוחב 200 מ"מ בין המגדלים הגבוהים  
והמרכז המסחרי



סמך ניאופרן 300/300/52 עם דיסקית החלקה  
מטפולון בעובי 8 מ"מ



סמך הניאופרן על גבי פחית הנירוסטה 700/700/2.5  
המאפשרת תזוזה אופקית של 200 מ"מ לכל כוון

## ביטוס

ביטוס עמודי החניון והמרכז המסחרי הינו על גבי כלונסאות בשיטת הבנטונייט בקטרים שבין 70 ס"מ עד 180 ס"מ עבור עומסים שבין 170 טון עד 1050 טון, ובאורכים של 18 עד 25 מ' בהתאמה.

ביטוס העמודים והגרעין המרכזי של המגדלים הגבוהים בוצע ע"י קירות סלארי בצורת צלבים במידות 280/280 ס"מ עד 340/340 ס"מ ובצורת האות האנגלית "H" באורכים של 18 ÷ 25 מ', עבור עומסים של 1300 עד 4250 טון. רוחב הכפות שבהן השתמשנו הוא 60, 80, ו-100 ס"מ.

את תסבולת האלמנטים השונים קבעו מספר פרמטרים :

א) מאמצי המגע המותרים בחתך הבטון הוגבלו ל- 50 ק"ג/סמ"ר כמקובל באלמנטים היצוקים בשיטת הבנטונייט.

ב) מאמץ החכוך הממוצע המותר היה 4.5 טון/מ"ר.

ג) מאמץ הקצה המותר היה 200 טון/מ"ר.

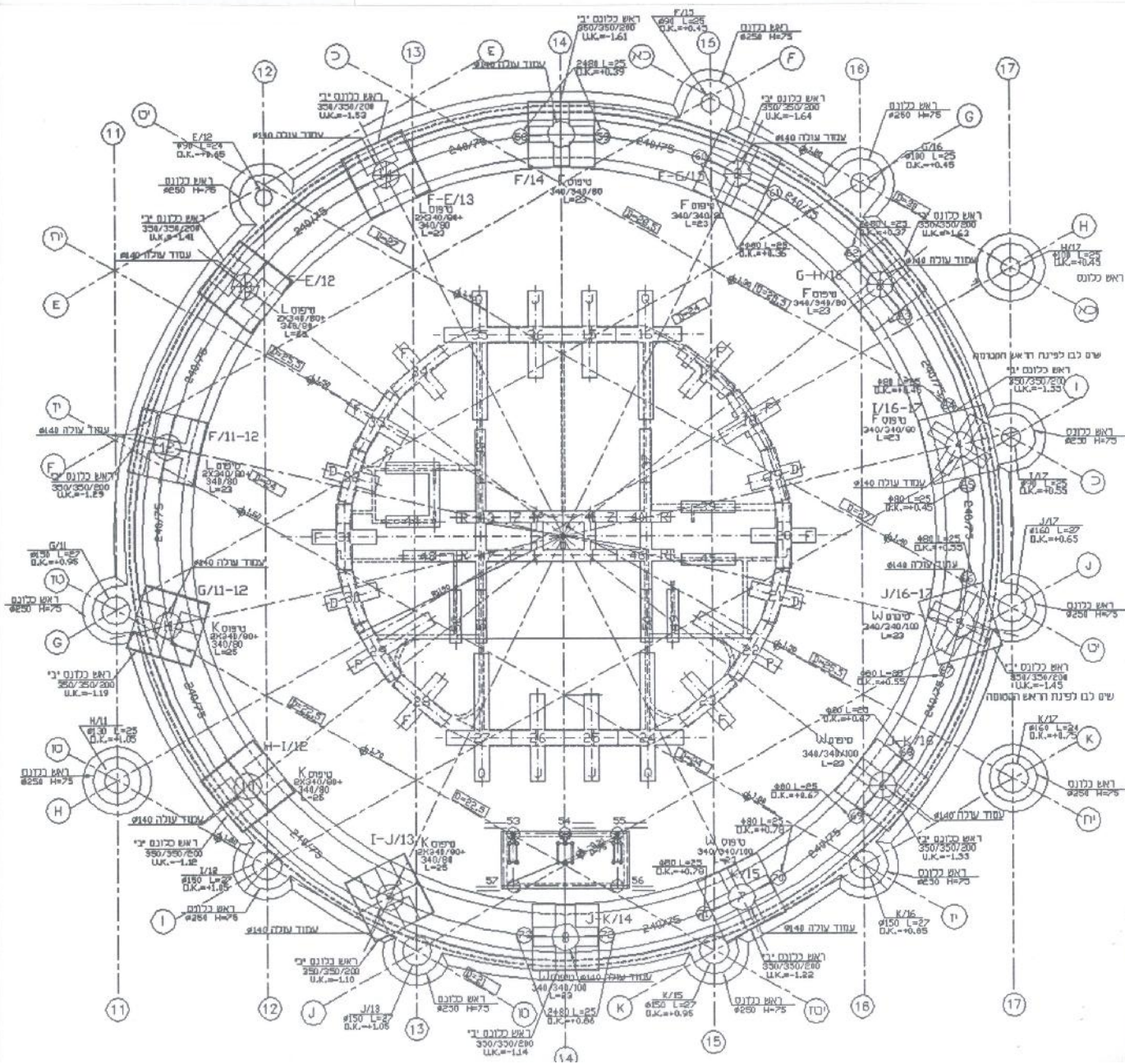
בכל מקרה נדרשה חדירה של 13 מ' לפחות לשכבת הכורכר הקשה הנמצאת מתחת לשכבת החול או החרסית.

על מנת לבדוק את נתוני הקרקע ואת הפרמטרים שנלקחו בחשבון בזמן התכנון מצד אחד, ומצד שני לנסות להקטין את מימדי היסודות, בוצעו בהמלצתו והנחייתו של יועץ הקרקע אינג' דוד דוד, סדרת ניסויי עמיסה ליסודות המבנה.

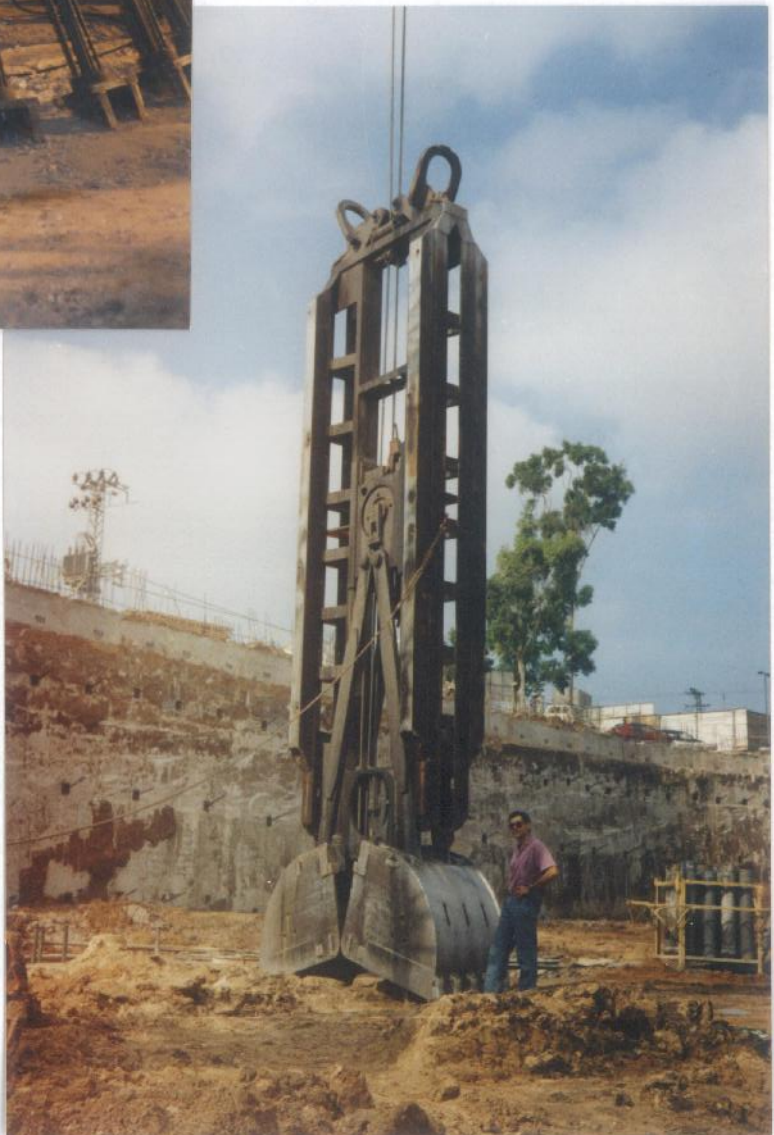
גולת הכותרת של ניסויי העמיסה הינה בדיקת התסבולת לעמיסה אנכית של כלונס בקוטר 150 ס"מ ובעומק של 25 מ', שתוכנן לעומס שירות בסדר גודל של 700 טון, והעמסתו לעומס הגדול פי 3 מהעומס המתוכנן. הניסוי הופסק ללא כשל בעומס של 2100 טון. זהו ניסוי מהגדולים בסוגו שנערך אי פעם בעולם ופעם ראשונה במדינת ישראל. הניסוי נערך במתקן מיוחד שתוכנן ובוצע על ידי חברת "צמנטכל" - ב. קוטיק בע"מ. שיטת ביצוע הניסוי היתה מבוססת על 4 בוכנות הדראוליות (ג'קים) הלוחצים כלפי מעלה "כתר" מיוחד. ה"כתר" עוגן בקרקע על ידי 24 עוגנים החודרים לקרקע לעומק 23 מ' בזווית של 26 מעלות ומסוגלים לקבל כוח מתיחה מותר של 100 טון. העוגנים נדרכו לביקורת לפני ביצוע הניסוי לעומס של 200 טון. הניסוי היה כה ייחודי ויוצא דופן עד שכוסה בהרחבה במאמר מקצועי, שהתפרסם בכתב-העת GROUND ENGINEERING (נובמבר '95). כמו כן בוצע ניסוי עמיסה אנכית לכלונס בקוטר 70 ס"מ בעומק של 20 מ', לעומס של 700 טון וניסוי העמסה אופקית עד להרס עבור 2 כלונסאות בקוטר 70 ס"מ ועומק 15 מ'. בכלונסאות אלו הותקנו אינקליניומטרים לעומק 7 מ'. על פי תוצאות הניסוי ניתן היה להגדיל את התסבולת לחיכוך עד כדי מאמץ ממוצע של 6 טון/מ"ר ומאמץ המגע המותר בתוך הבטון הוגדל עד כדי 60 ק"ג/סמ"ר. בכפוף לכך עודכנו תכניות היסודות. למרות ההשקעה הגדולה שהיתה כרוכה בביצוע ניסוי כה מורכב ומתוחכם כזה - בעלות של כ- 600 אלף ש"ח - הוא השתלם - ובהמשך לתוצאות הניסוי הושג חסכון של כ- 20% בהשקעה ביסודות המבנים.



תכנית יסודות - מגדל עגול 1:350



ניסוי העמסה לכלונס בקוטר 150 ס"מ ואורך 24 מ' לעומס 2100 טון



מחפר לקירות סלארי עם כפות ברוחב 100 ס"מ (דצמבר 1996)

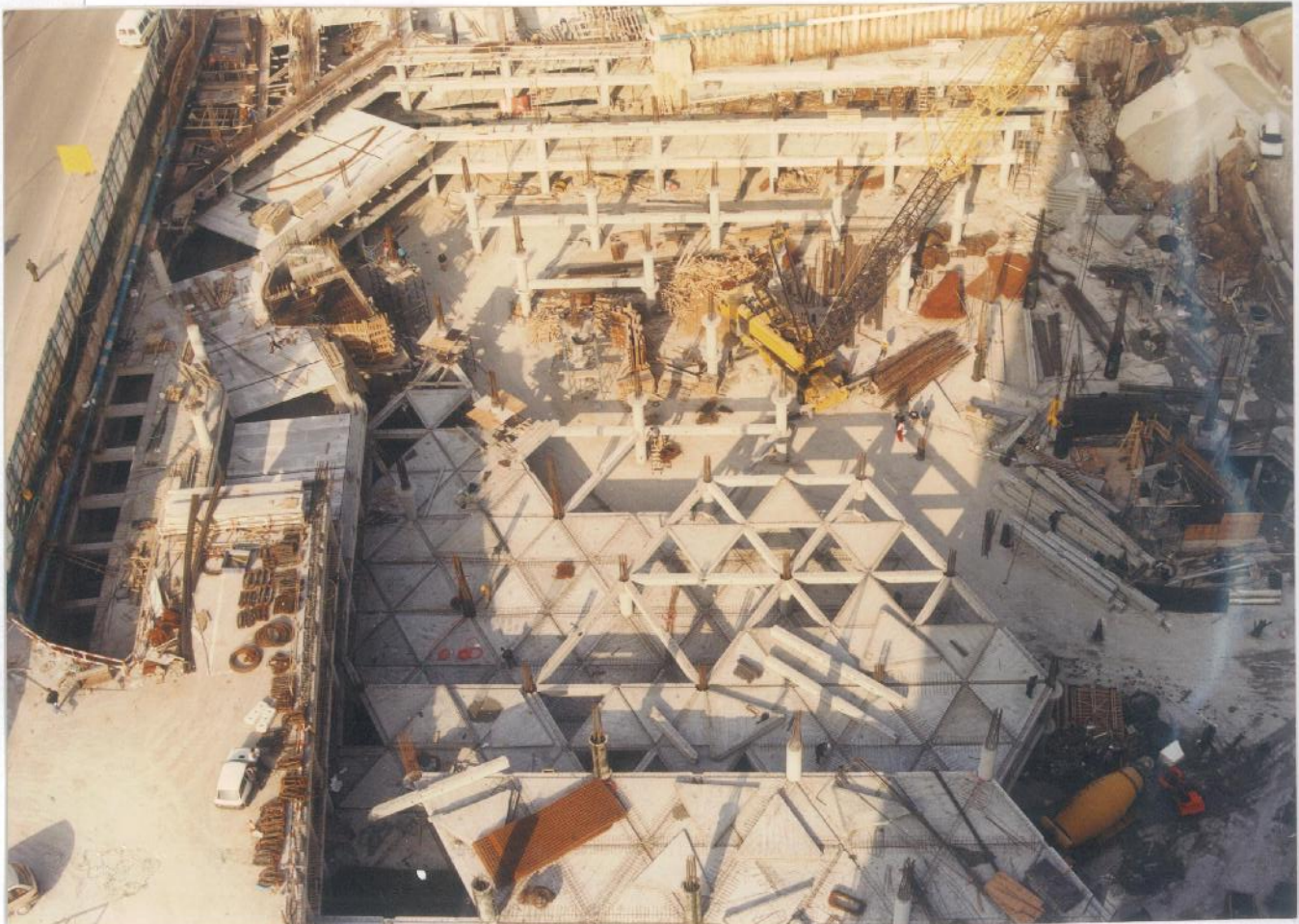


חפירת יסודות בצורת צלבים בשיטת הבנטונייט  
במידות 340/340/80 לעומק 24 מ' - דצמבר 1996



תחילת הביצוע של המרכז המסחרי - בין שני המגדלים המתרוממים לגובה

(צילום: "אלבטרוס" - 29.01.97)



(צילום: "אלבטרוס" - 29.01.97)

הרכבת תקרת החניון - מבט מהמגדל העגול

תחילת הרכבת הקורות בתקרת קומת הקרקע במרכז המסחרי - ינואר 97

(צילום: "אלבטרוס" - 29.01.97)



פרוייקט "מרכז - השלום" - פרספקטיבה מכיוון צפון - ינואר 1997

(צילום: "אלבטרוס" - 24.01.97)



## יזם

קניית השלוס השקעות בע"מ  
מר דוד עזריאלי - מונטריאול - קנדה  
מנכ"ל: מר מנחם עינן

## מתכננים ומבצעים

### תכנון:

אדריכלות: יסקי ושות' אדריכלים ומתכנני ערים - ת"א

אברהם יסקי - אדריכל

יוסי סיון - אדריכל

אדריכל אחראי - חייקה פרידמן

אלי עטיה - אדריכל

דוד עזריאלי - שותף לעיצוב ותכנון המרכז המסחרי והקניון.

קונסטרוקציה: ש. בן אברהם מהנדסים בע"מ - ת"א

ש. בן אברהם - מ. כהן

מהנדס אחראי - אינג' רמי בלס

## ייעוץ בנושא רעידות אדמה

פרופ' יעקב גליק - הטכניון - חיפה

ייעוץ קרקע: אינג' דוד דוד - הרצליה

## פיקוח וניהול הפרויקט:

מנהל הפרויקט - אינג' אבינועם הראל

מהנדס האתר - אינג' רון חבצלת

## ביצוע - קבלן השלד:

צמנטכל - ב. קוטיק בע"מ

MAGIL CONSTRUCTION CANADA LTD.

מנהל הפרויקט - אינג' ציון פרץ - צמנטכל מאגיל