



קירות מסך כבלים – CABLE-NET.

המתחים והקשיים ההנדסיים.

סקייקון א.ק בע"מ.



קיר מסך כבלים (cable net) הינו קיר זכוכית אלגנטי במיוחד כאשר הקונסטרוקציה הנושאת את הזכוכית הינה קונסטרוקציה של כבלי נירוסטה המתוחים שתי וערב, והיוצרים מראה עדין ואקזוטי של רשת דקה הדומה במעט לרשת קורי עכביש.

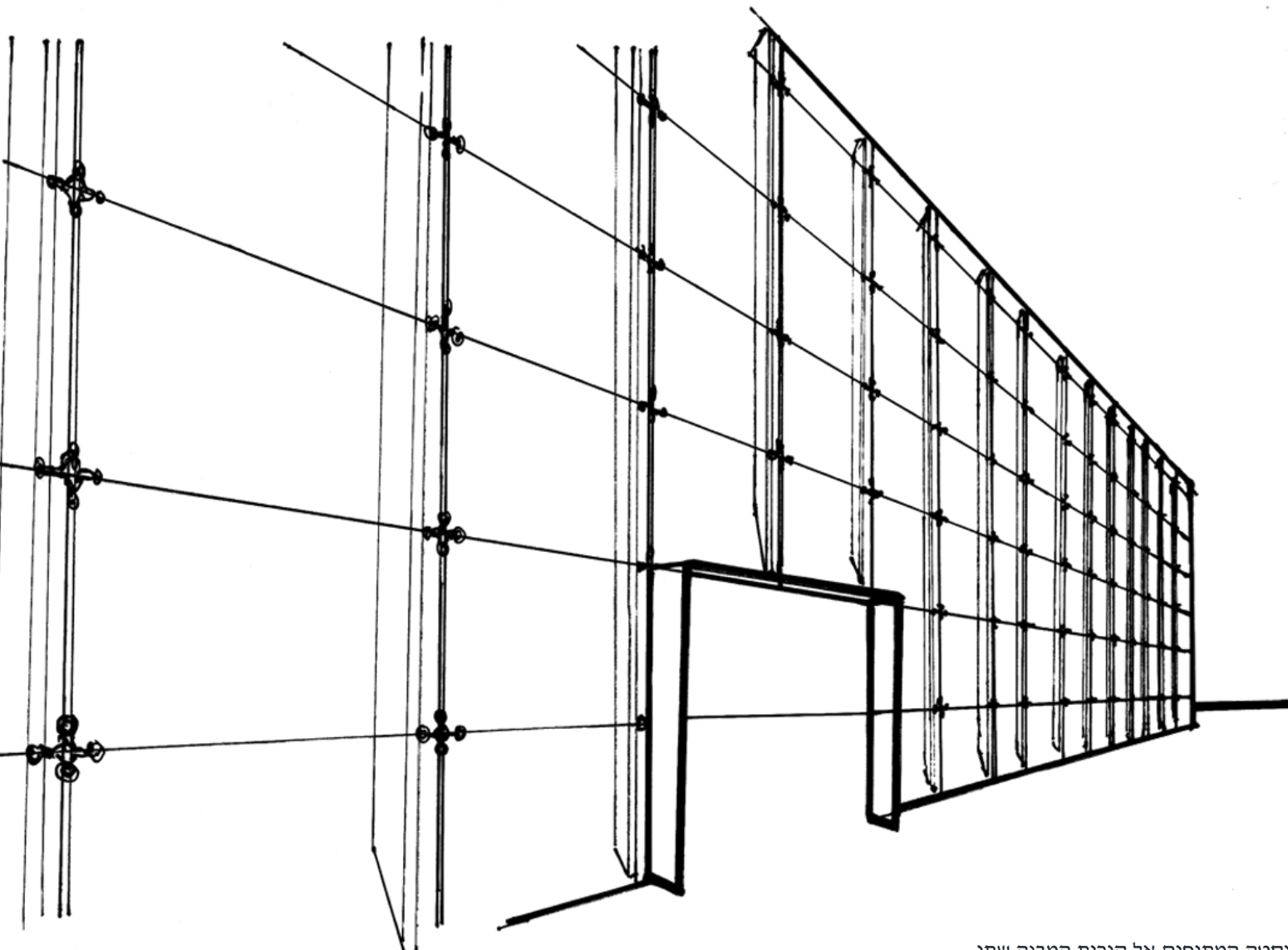
קיר המסך (cable net) הראשון מסוג זה בוצע בשנת 1992 במלון קמפינסקי במינכן, כאשר רוחב הקיר הינו 40 מטר וגובהו כ- 25 מטר. בפרויקט זה הותקנו כבלי נירוסטה שתי וערב בקוטר של 22 מ"מ אשר נמתחו מתיחה ראשונית (pretension), אשר אפשרה כפף מקסימאלי במרכז הקיר של 900 מ"מ. בעקבות הצלחת הפרויקט בוצעו עוד מספר פרויקטים, אשר הבולטים שבהם הינו ה- New Poly Plaza בעיר בייג'ינג שבסין.

מערכת קיר המסך (cable net) הינה כאמור מערכת של כבלי נירוסטה המתוחים אל קירות המבנה שתי וערב, כאשר בכל צומת כבלים (אנכי ואופקי) מותקן אביזר נירוסטה המהווה צומת לאחיות 4 פינות זכוכית.

כיצד עובדת המערכת :

התנאי הבסיסי לעבודת המערכת הינו מתיחות הכבלים. בכדי לקבל התנגדות טובה לכפפים הנוצרים עקב השפעת כוחות הרוח על פני הזכוכיות והמועברים לקונסטרוקציית הכבלים. עלינו לאפשר את קיומם של כוחות מתיחה גדולים ומכיוון שכוחות אלו עוברים אל קירות הבניין, על הבניין לשאת כוחות אלו. המסקנה מכאן, היא כי על הבניין להיות מתוכנן מראש לשאת את עומסי המתיחות של הכבלים. ועניין זה אינו פשוט כלל ועיקר. ככל שהכפף שנתיר יהיה קטן, כך המתיחות שתתקבל תגדל.

מכאן, ניתן להבין שנוצר קושי בתכנון בניין אשר יכול לשאת את מתיחות הכבלים המהווים את קונסטרוקציית קיר המסך. לאור זאת, נבחנה האפשרות להתיר כפפים חריגים בקיר זה וזאת מכוון שבכבלים לא מתקיימים מומנטים העלולים לגרום לשבר מבני. יחד עם זאת, כפפים גדולים עלולים ליצור שבר בזכוכית ואו ליצור תחושת אי נעימות אצל המשתכנים מאחורי קיר הכבלים.



הזכוכית:

מכיוון שהובהר הצורך בהתרת כפפים גדולים בקיר, שאם לא כן, המתחות של הכבלים תהיה גדולה מכדי שהבניין יוכל לספוג אותה; קיים צורך מהותי בזכוכית גמישה אשר תוכל לעמוד במאמצי כפף מצד אחד ובמאמצים מבניים מצד שני, ואשר תירתם לכבלים באופן כזה אשר ימנע התפתחות מאמצים חריגה.

הזכוכית המומלצת היא זכוכית העומדת במאמצים של 100 ניוטון למ"ר ובכל מקרה, אם נוצר שבר חלילה יש לדאוג שחלקי הזכוכית יישארו במקומם. מכאן, מומלץ שהזכוכיות תהינה בטיחותיות מסוג Laminated Glass. מומלץ לא פחות למנוע פוטנציאל לשבר טרמי הנובע מקיומם של חלקיקי ניקל סולפידים ולהעביר את הזכוכיות בתהליך טרמי הנקרא Heat Shock אשר יסייע באיתור חלקיקים אלו בטרם התקנת הזכוכית, והימנעות משימוש בזכוכיות אלו.

ויברציות:

קיר המסך ה-Cable Net המתנשא לגובה, עלול לספוג משבי רוח במהירויות שונות בחלקיו השונים, ומכוון שהכבלים, גם אם הם מתוחים, עדיין יתנהגו כקפיץ ויתפתחו רעידות לאורך הקיר. רעידות אלו ירוסנו עקב התנהגות הכבלים כקפיץ, אך יתכן כי ויברציות אלו ירעישו ויצרו תחושת אי נוחות אצל האנשים הנמצאים בקרבת הקיר.

במסגרת תכנון הקיר יש לוודא שויברציות צפויות אלו, לא יגיעו אל חדר התהודה העלול לגרום נזק כבד ללוחות הזכוכית.

אביזרי ריתום הזכוכית:

ככלל, מיקומם של אביזרי ריתום הזכוכית יהיו בצומת הכבלים האנכיים והאופקיים. בכל צומת, יותקן אביזר העשוי מנירוסטה אשר תכונתו הבולטת היא למנוע התפתחות מאמצים חריגה בזכוכית. כל אביזר יחבוק עד 4 זכוכיות, כאשר נקודת הריתום הינה גמישה ותאפשר שינוי מיקום זכוכית של עד 10°.

כעקרון, בקיר ה-Cable Net מומלץ מאוד להימנע מביצוע קידוחים בפני הזכוכית וזאת משום שאזורים אלו רגישים במיוחד.



התארכות מבנית של הכבלים :

מכוון שכבלי נירוסטה בנויים מתיילים השזורים יחד לגדיל, ומספר גדילים שזורים יחד לכדי כבל, קיימים מרווחים בין התיילים ובין הגדילים. מרווחים אלו מאפשרים את קיומה של ההתארכות המבנית, כאשר אנו מפעילים עומסי מתיחה על הכבל. התארכות זו יכולה להגיע עד ל- 1% מאורכו של הכבל, ובמידה והכבל לא ימתח לעומס הסופי יוותרו מרווחים אלו וההתארכות תתקיים בכל עת שיוגברו העומסים. על מנת למנוע תופעה זו, יש לבצע בכל כבל לפני התקנתו מתיחה מקדימה בעומסים המקסימאליים.

התארכות אלסטית :

ההתארכות האלסטית נובעת בעיקרה מתכונתו הטבעית של החומר לשנות את צורתו עם הפעלת עומס, ולחזור למצבו הקודם עם שחרור העומס. כבלי נירוסטה מתארכים עם הפעלת עומס ומתכווצים עם שחרור העומס. על אף שההתארכות האלסטית אינה לינארית ביחס לעומס, ניתן בקרוב סביר להשתמש במודול אלסטיות מקורב של 105×1.5 Mpa.

חישובי מתיחות הכבל :

עבור כבל הרתום בין שתי נקודות והמועמס (W) באופן שונה בכל אורכו, ואשר אורכו S, ניתן להניח שנוצרת קשת אשר הרדיוס שלה R והכפף d.

כמו כן, ניתן להבין שהכוחות המועברים אל נקודות העיגון הינם בניצב זה לזה. הכוח האופקי H והכוח האנכי V. השקול של 2 כוחות אלו הינו המתיחות T

$$H = \frac{WS^2}{8d}$$

$$V = \frac{WS}{2}$$

$$T = \sqrt{\left(\frac{WS^2}{8d}\right)^2 + \left(\frac{WS}{2}\right)^2}$$

אם נניח לצורך הדוגמא, שהכוח המועמס על כבל שאורכו 15 מטר הינו 200 ק"ג למטר, ונניח כי אנו מתירים כפף של 500 מ"מ, מה תהינה המתיחות?

$$H = \frac{0.2 \times 15^2}{8 \times 0.5} = 11.25 \text{ ton}$$

$$V = \frac{0.2 \times 15}{2} = 1.5 \text{ ton}$$

$$T = \sqrt{(11.25)^2 + 1.5^2} = 11.35 \text{ ton}$$

מסקנה :

1. זניח ביחס ל- H V
2. המתיחות הינה גדולה ויש לתכנן את הבניין לשאת בעומס זה.

