



# להרוס או לשקם? תהליך הבדיקות שיינתן תשובות לגבי שיקום בטון.

[המשך לניוזלטר קודם]

מאת דניאל שניידר - מהנדס אזרחי MSc

בניוזלטר אחרון, הנושא "שיקום בטון" חולק לשני חלקים:

**חלק 1:** גילוי הפגמים, תהליך טריקה, בחינה, הערכה, חקירה, - טופל בניוזלטר הקודם.

**חלק 2:** מתייחס לסדרת הבדיקות ( לרוב בדיקות לא הורסות- NDT) הנדרשות לצורך הערכת היקף הפגמים וחומרתם, וזה הנושא של הניוזלטר הנוכחי.

**במרחב** הבא (מהתקן 1877) ניתן לראות את התהליך כולו, מגילוי הפגמים עד לפתרון כולל בחירת השיקום או תיקון המתאים ביותר לאחר ביצוע בדיקות.



## השלים בתהליך ההערכה

### STUDY CASE

ניקח כדוגמה בניין משרדי, בן 40 שנה, בן 6 קומות, הנמצא במרחק של 450 מטר מהים, הערכת היקף הפגמים וחומרתם, וזה הנושא של הניוזלטר הנוכחי. התפררות הבטון, סרם קבלת החלטה האם להרוס את הבניין או לשקם אותו, הוחלט, לפי תהליך הערכת הנזק, לבדוק באופן יסודי את היקף הנזק.



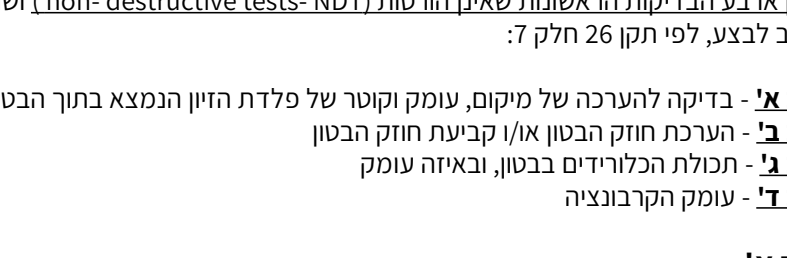
האם הברזל עבר חלודה רק בקטע הזה?



האם הבעיה היא נקודתית, במקום שראים סדק או הבעיה היא לאורך כל הקורה, בחלודה הלא נראית לעין?



האם הבעיה היא בעובי כיסוי של זיון הפלדה? או של בטון לא צפוף ובחזק נמוך? להלן תהליך הערכה של מצב המבנה כפי שראינו בניוזלטר הקודם.

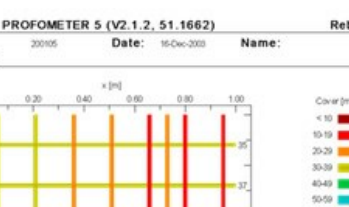


להלן ארבע הבדיקות הראשונות שאינן הורסות (non-destructive tests- NDT) ושניתן וחשוב לבצע, לפי תקן 26 חלק 7:

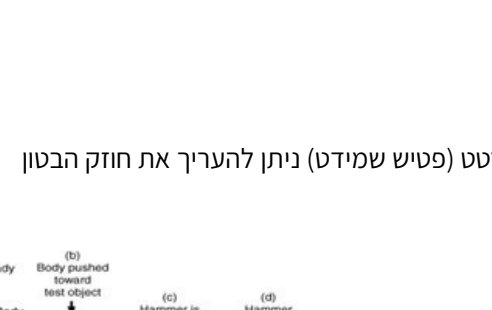
- שלב א'** - בדיקה להערכה של מיקום, עומק וקוטר של פלדת הזיון הנמצא בתוך הבטון
- שלב ב'** - הערכת חוזק הבטון או/ו קביעת חוזק הבטון
- שלב ג'** - תכולת הכלורידים בבטון, ובאיזה עומק
- שלב ד'** - עומק הקרבונציה

### שלב א':

בדיקה להערכה של מיקום, עומק וקוטר של פלדת הזיון הנמצאת בתוך הבטון באמצעות מד-כיסוי אלקטרומגנטי (electromagnetic covermeter).



ניתן לראות מהתמונה שהבודק מעביר את ראש המכשיר על פני השדה הנבדק. כאשר מוט הזיון נמצא בתוך השדה הזה, קווי השדה מתעוותים. ההפרעה הנוצרת מנוכחות המתכת יוצרת שינוי בחוזק השדה המזהה על ידי ראש החיפוש ומופיע על גבי צג מד הכיסוי האלקטרומגנטי. גם הכיוון של המתכת לראש המכשיר וגם המרחק שלה ממנו משפיעים על הקריאה של מד-כיסוי האלקטרומגנטי. הצבעים השונים מצביעים על עוביים של כיסוי הבטון.



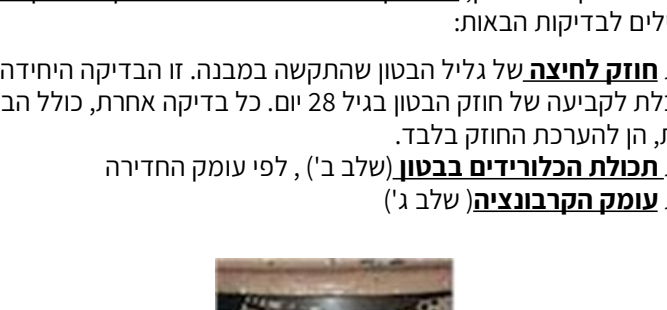
### שלב ב':

- בעזרת פטיש רטט (פטיש שמידט) ניתן להעריך את חוזק הבטון



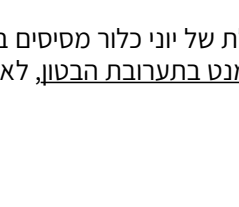
בדיקה זו משמשת לקביעת ערך הרתע (מספר רתע) של אזור מסוים בבטון הקשוי, באמצעות פטיש המונע בקפיץ. ערך הרתע המתקבל יכול לשמש להערכת אחידות הבטון באתר ולהשוות אזורים בעלי איכות בטון ירודה או בטון שהתדרדר במבנים.

בגרף הבא ניתן לראות דוגמה של הקשר בין תוצאות הבדיקה (ערך הרטע R) כנגד חוזק לחציה במגפ"ס. במקרה זה הדיוק הינו של 85%, מספיק טוב להערכה ולא לקביעת החוזק.



בהמשך, במצעים קידוח בבטון, אם ניתן ובהתאם לאישור מהנדס קונסטרוקטור, על מנת להוריד גלילים לבדיקות הבאות:

1. קביעת **חוזק לחיצה** של גליל הבטון שהתקשה במבנה. זו הבדיקה היחידה מוקדמת לקביעת חוזק הבטון בגיל 28 יום. כל בדיקה אחרת, כולל הבדיקות לא הורסות, הן להערכת החוזק בלבד.
2. קביעת **תכולת הכלורידים בבטון** (שלב ב'), לפי עומק החדירה
3. קביעת **עומק הקרבונציה** (שלב ג')



ציינו כבר בעבר שישנם 3 "אויבים גדולים" של הבטון: סולפטים (שתוקפים את הצמנט הרגיל שבבטון), הכלורידים (מלחים שתוקפים את זיון הפלדה) וה- CO2 (תהליך של קרבונציה, כפי שנראה בהמשך).

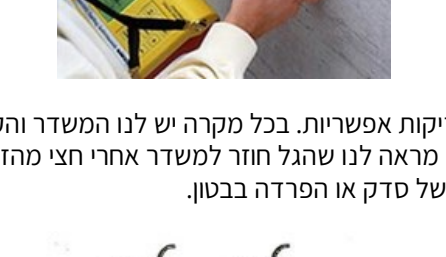
### שלב ג': תכולת כלורידים

לפי ת"י 466-1: התכולה הכוללת של יוני כלור מסוימים בחמצמה מכל רכיבי תערובת הבטון יחד, באחוזים מכמות הצמנט בתערובת הבטון, לא תהיה גדולה מ:

- בטון לא מזוין: 0.8
- בטון מזוין: 0.2
- בטון דרוך: 0.1

לצורך בדיקה זו, חומכים פרוסת דקות מיוחדת של חלקים מהבטון, וקובעים את תכולת הכלורידים בכל פרוסה. מס ניתן לקבוע, לפי התכולה ועומק החדירה של הכלורידים שהתקבל, האם יש לבדוק את רמת הנזק שנגרם כבר לזיון הפלדה.

### שלב ד': עומק הקרבונציה

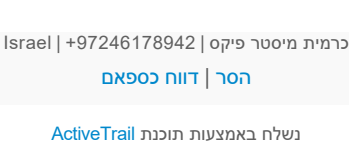


חדירה מהאוויר לתוך הבטון, ריאקציה עם הסיד הכבוי והפיכתו לנייטרלי. כאן חשוב לזכור שזיון הפלדה מתקיים מצוין בסביבה של pH גבוה, למשל 12. שם נוצרת שכבת הגנה הנקראת "פסיפוזיה". כניסה של CO2 בתוך הצמנט מורידה את pH לרמה של 9-10, דבר הגורם להרס שכבת הפסיפוזיה ולתחילת תהליך של חלודה.

תלוי בכימי הבטון, תכולת הרטיבות בו, ותנאים סביבתיים. בנוכחות פנולפטלנין, צבע הבטון הופך לורוד כאשר pH גבוה מעל 9, הצבע הולך ונעלם ב- pH נמוך. אם עומק הקרבונציה קטן מעובי כיסוי הבטון מעל הפלדה, הטיפול בבטון יהיה פשוט יותר. ואם גדול יותר, יש לבדוק את רמת הנזק שנגרם כבר לזיון הפלדה.

### להלן חלק מבדיקות נוספות לא הורסות, שניתן לבצע לפי הצורך:

- בדיקה מהירות התפשטות גל על-קולי (ultrasonic pulses)** מדידת מהירות הפעמונית יכולה לשמש לקביעת אחידות הבטון, לאיתור סדקים וחללים, לזיהוי שינויים בתמונת הבטון לאורך זמן ולקביעת תכונות פיזיקליות דינמיות.



- ב. בדיקת הפרשי פוטנציאל חשמלי של זיון פלדה: שיטה זו מוכרת גם כבדיקת חצי תא (half cell)
- ג. כמו כן יש אפשרות להיעזר **בבדיקת רדאר (GPR - מכס חודר קרקע)** במקום שלא מקבלים תמונה ברורה על ידי קורבמטר.

### סיכום

ביצענו את הבדיקות הבסיסיות ולמדנו:

1. את מיקום כל פלדת זיון, את קוטרה ובעיקר את עובי כיסוי הבטון מעל פלדת הזיון
2. האם יש מספיק חוזק לשיקום שלד הבטון. גם הערכת חוזק וגם קביעת חוזק
3. האם עומק חדירת הכלורידים בשטח גדול או קטן מעובי כיסוי הבטון
4. האם עומק הקרבונציה גדול או קטן מעובי כיסוי הבטון

אלו הבדיקות הבסיסיות שאינן הורסות שלדעתי חובה לבצע לפני שיקום שלד הבטון. זה כולל גם מבנים המיועדים לחמ"א 38.

### ברכה

### צוות מיסטר פיקס

