

## פארק איילון- פרויקט ניסוי ייצוב קרקעות לצרכי סלילת כבישים ודרכי פארק.

### דו"ח ביניים- סיכום שלב המעקב.

דר' רפאל ירון<sup>1</sup>, אינג' מוחמד חביב-אללה<sup>1</sup> ואדר' ארז לוטן<sup>2</sup>, 2006

<sup>1</sup>אום מהנדסים, <sup>2</sup>לוטן אדריכלות ואדריכלות נוף

### **שלב המעקב:**

- מטרת המעקב הייתה לבחון את השינויים המתרחשים במצב המיסעות המיוצבות בקטעים השונים לאורך זמן, בהשפעת תנועה ותנאי הסביבה. השיטות שנעשה בהן שימוש להערכת מצב ותפקוד קטעי הניסוי:
- הערכה כללית לפי שיטת Paver האמריקאית בהסתמך על שיטה שאומצה ע"י חיל ההנדסה האמריקאית- להערכת נזקי גליות (היווצרות גלים בכיוון הנסיעה), חריצה (אגני שקיעה לאורך הדרך, לרוב עקב תנועת רכבים), אחידות שיפוע המיסעה, נוכחות בורות, בעיות ניקוז והתפוררות.
  - הערכת סדיקה- מתן ציון ספציפי לנושא הסדיקה, על פי שיטה שעובדה ע"י מנהלי הפרוייקט- להערכת סדקי אורך, רוחב ובכיוונים שונים, סדקי אליגטור (כאשר שכבה העליונה יחסית קשיחה ודקה המונחת על קרקע בעלת תיסבולת נמוכה) וסדקי גלישה (נוצרים קרוב לשפת מדרון עקב גלישה ולא ליקוי במיסעה).
  - הערכת היקף בעיית האבק- בדיקת האבק נערכה ע"י תצפית על אבק הנוצר מאחורי רכב הנוסע במהירות 30-40 קמ"ש.
  - ציונים אדריכליים- גוון (התאמה לגוון הסביבתי), והתאמת פני הדרך לנוחות הולכי רגל ורוכבי אופניים (פגיעה בנוחיות השימוש בדרך עקב נוכחות שכבות מפוררות בפני השטח או אגרגטים גדולים יחסית).

התבצעו עד כה 4 פעולות מעקב:

מעקב 1- 29.12.05

מעקב 2- 30.3.06

מעקב 3- 23.5.06

מעקב 4- 23.8.06

נדרש לעקוב אחר הממצאים לאורך עונות השנה, שכן בחורף קיימות בעיות הקשורות לתסבולת הדרך, באביב- בעיות הקשורות להתכווצות הקרקע וסידוק בפני הדרך, ובקיץ- בעיות אבק.

### **תוצאות פעולת המעקב:**

בכל אחד מהקטעים ניתן ציון Paver וציון סדיקה בכל אחת מפעולות המעקב. כמו כן, מתוארות תוצאות בדיקות האבק שבוצעו בחלק מפעולות המעקב. המעקב הראשון בוצע שלושה שבועות לאחר סיום ביצוע הקטעים. במעקב השני התגלו בחלק מהקטעים סדקים בחומרה שונה ומסוגים שונים, אך רובם לא ניראו בפני המיסעה במעקב השלישי והרביעי, עקב מילויים בחומר הדק שהתפורר מפני המיסעה. סדקים אלו צפויים להיחשף בחורף הבא ולהוות מוקד לחדירת מים

לתוך עומק המיסעה ולפגיעה באיכות הדרך לאורך זמן. לאור זאת, נקבעו ציוני הסדיקה של הקטעים כציון מינימאלי שהתקבל במהלך כל התקופה ממועד הסלילה. לאחר תום הגשמים בוצע טאטוא מכני לקטעים, כדי לפנות סחף צבור בקטעים עקב זרימת גשם משדות סמוכים.

#### **קבוצת הקטעים שיוצבו באמצעות מייצב מסוג RBI:**

5 קטעים בהם היה ייצוב של תערובת חרסית מקומית עם אגרגטים גסים יותר, באמצעות RBI:

קטע 1- חרסית מקומית + RBI.

קטע 2- חרסית מקומית 50% + מודרג יבש 50% + RBI.

קטע 3- חרסית מקומית 25% + מודרג יבש 75% + RBI.

קטע 4- חרסית מקומית + פסולת בניין גרוסה + RBI.

קטע 6- חרסית מקומית + אפר פחם תחתי + RBI.

סיכום התוצאות- כל קטעי הדרך יוצבו על ציון בין 80-60. זאת, לאחר 4 מעקבים, לאחר כ-9 חודשי תפקוד. עליות וירידות בציון הקטעים היו תוצאות של סדיקה באביב, שהתחלפה בבעיות של התפוררות בפני המיסעה ויצירת אבק בקיץ. במעקב הרביעי לא נצפו בעיות סדיקה בקטעים (סגירתם ומילויים ע"י חומר שהתפורר בפני המיסעה), למעט קטע 1 בו נצפה קטע משנה עם בעיות סדיקה משמעותיות.

#### **קבוצת הקטעים שיוצבו בפולימר המשוק ע"י חברת הדר:**

שם הפולימר Soiltac. אורך כל קטע 50 מטר. בשיטת ייצוב כימי זו מתבססים על פיזור המייצב המגיע כנוזל מהול במים במהלך ערבוב ותיחוח התערובות:

קטע 7- חרסית מקומית + פולימר.

קטע 8- חרסית מקומית + חומר מודרג יבש + פולימר.

קטע 10- חרסית מקומית + אפר פחם תחתי + פולימר.

סיכום התוצאות- קטעים 8 ו-10 עם תפקוד דומה וציון 75 לאחר מעקב רביעי. פני השטח של קטע 8 היו סדוקים פחות מקטע 10, וזה מתבטא גם בציון הסדיקה הנמוך יותר בקטע 10. קטע 7 הוגדר ככשל, בעיקר כתוצאה ממעבר רכב כבד עליו לפני השלמת האשפחה סיבות נוספות אפשריות: כמות לא מספקת של פולימר ביחס לחרסית, וערבוב לא מוצלח של החרסית שהותיר גושי חרסית גדולים ללא חומר מייצב.

#### **קבוצת הקטעים שיוצבו באמצעות סיד כבוי:**

3 קטעים, כל אחד באורך 100 מטר.

קטע 11- חרסית מקומית + חומר מודרג יבש + סיד כבוי.

קטע 13- חרסית מקומית + אפר פחם תחתי + סיד כבוי.

קטע 14- חרסית מקומית + פסולת בניין גרוסה + סיד כבוי.

סיכום התוצאות- קטע 11 תפקד בצורה הטובה ביותר, וזה מתבטא בציון הכללי מעל 80 ובציון הסדיקה מעל 70. ציון הסדיקה משקף קשיחות יחסית של הקטע המיוצב וכן את בעיות אי היציבות של גדת הנחל (שאינן

קשורות לנושא טיב הייצוב). קטע 13 תפקד טוב יחסית אם כי פחות טוב מקטע 11. קטע 14 תפקד הכי פחות טוב עקב דירוג נחות של פסולת הבניין הגרוסה, שהכילה מצד אחד הרבה דקים, בעוד שהחומר הגס היה בגודל מעל הרצוי.

### **קבוצת הקטעים שיוצבו באמצעות אפר פחם מרחף:**

שלושה קטעי משנה.

- קטע 15- חרסית מקומית + פסולת בניין גרוסה + אפר פחם מרחף.
- קטע 16- חרסית מקומית + חומר מודרג יבש + אפר פחם מרחף.
- קטע 18- חרסית מקומית + אפר פחם תחתי + אפר פחם מרחף.

סיכום התוצאות- בשלושת הקטעים היה ציון דומה 60-70, בתום המעקב הרביעי ציון הסדיקה בקטעים 15 ו-16 היה קרוב, בעוד שבקטע 18 הינו נמוך בהרבה (משמע סדיקה גבוהה). קטעים אלו היו חלשים יחסית. תקופת הזמן הארוכה הנדרשת לאפר הפחם ליצור תהליך של ייצוב והתחזקות, חושפת את הקטעים לתהליכי הרס כתוצאה ממעבר תנועה עליהם. התפוררות החלק העליון של המיסעה, יכולה לבוא לידי ביטוי חזק בזמן הגשמים, ע"י הפיכת החומר המפורר לבוצי. עם זאת, ייתכן שבמשך הזמן תיווצר תשתית יציבה למדי בקטעים אלו.

### **סיכום כלל התוצאות:**

את תוצאות הציון הכללי ניתן לחלק לשלוש קבוצות עיקריות: קטעים בעלי ציון מעל 75, 65-75 ופחות מ-65. הקטעים שיוצבו בסיד נתנו את התוצאה הטובה ביותר, מתוכם הקטע הטוב ביותר (ציון 81) היה עם חומר מובא של חרסית מקומית בתוספת חומר מודרג יבש. חומר המחצבה המודרג (גודל אבנים עד 10 מ"מ) כחומר מובא, נתן את התוצאות הטובות ביותר. עם זאת, חומר המחצבה פחות רצוי בהיבט האדריכלי לעומת חומרים אחרים בעלי גוון קרוב יותר לגוון הסביבה (אפר הפחם למשל). שלושת הקטעים שיוצבו באפר פחם מרחף קיבלו ציון נמוך עד בינוני, מתוכם הקטע הטוב ביותר (ציון 72) הכיל חומר מובא של חרסית עם חומר מודרג יבש, והקטע הפחות טוב (ציון 63) הכיל חומר מובא של חרסית עם פסולת בנייה. עם זאת, חשוב לציין שהקטע הטוב עם אפר מרחף כמייצב, קיבל ציון גבוה מחלק מהקטעים בהם נעשה שימוש בחומר מייצב מסוג RBI ופולימר (הקטע שהוגדר ככשל עם ציון 47 הכיל חרסית ופולימר). לכך להוסיף את החיסכון בעלויות הסלילה עקב השימוש באפר מרחף (עלויות ה-RBI והפולימר גבוהות מעלויות האפר שלמעשה נחשב כפסולת ברת שימוש, ומעצם הגדרתו כפסולת עלויותיו נמוכות למדי). בנוסף, העובדה שהריאקציות הפוצולניות באפר הן איטיות, יכולה להיות הסיבה לתפקוד הפחות מוצלח של האפר המרחף כחומר מייצב לאחר כ-9 חודשי מעקב, ולגבי חומר זה ידוע מראש הצורך במתן תקופות אשפורה ארוכות יחסית, למשך מספר חודשים לפחות. לאור כל זאת, שימוש באפר פחם מרחף בתערובות מיוצבות אפשרי, וניתן לבדוק את שילובו עם מייצבים אחרים, לקבלת תערובת מייצבים בעלת אקטיביות גבוהה. לעומת זאת, שלושת הקטעים עם אפר פחם תחתי כחומר מובא היו ברמה בינונית עד גבוהה, עם ציון בין 70-74 (למעט הקטע עם אפר פחם מרחף כחומר מייצב). להבטחת ניקוז טוב של פני הדרך הסלולה יש חשיבות בייצוב הקרקע, ונקבע שיש צורך בשיפוע רוחבי של כ-4 מעלות כדי להבטיח זאת. לסיכום, על פי ממצאי עבודה זו ניתן לעשות שימוש בשיטות ייצוב קרקעות לצורך סלילת דרכים ושבילים ברמת שירות גבוהה, תוך יתרונות כלכליים וסביבתיים. למרות שביצוע עבודות הייצוב היה מוצלח, עדיין יש מקום לשיפור בתחום הציוד ושיטות הביצוע, בדגש על ערבוב הומוגני של החומרים. המסקנה הכללית מעבודה זו כללה את הרחבת השימוש בסיד כבוי כחומר מייצב, ובאפר פחם תחתי ופסולת בניין גרוסה כאגרנטים לשימוש כתערובת עם החרסית המקומית.