

מנהלת אפר הפחם



מחוז ת"א והמרכז



## הערכה מבנית של סוללות אפר פחם בכביש 57

דו"ח סיכום ונתוני מעקב מיוני 2004

אפריל 2005

**יונה** - ייעוץ וניהול הנדסי בע"מ

רח' שמשון 37, חיפה 34678  
טל. 04-8246959, פקס 04-8340459  
email: yona@yonaltd.com  
website: www.yonaltd.com

הוכן על ידי:





ה) לבצע מעקב מבני וחזותי ולהעריך את הצפי התכנוני של כל הקטעים של הפרוגרמה כשנתיים לאחר פתיחת הכביש לתנועה.

#### 4. תיאור העבודה

##### 4.1 כללי

הסקר בוצע במהלך עבודות השיקום וההרחבה של כביש 57 בקטעים נבחרים בין יד חנה לכפר יונה. הוא הקיף 3 שלבי ביצוע במהלך הסלילה ושלב אחד של מעקב לאחר פתיחתו של הכביש לתנועה כמפורט:

א) שלב 1, באוקטובר 2000, במפלס המילוי של אפר פחם מרחף ותחתי ומעל לשתי מהודקת,

ב) שלב 2, בנובמבר 2000, לאחר ששכבות אפר הפחם כוסו עם שכבת מצע או שכבת חיזוק ומעל לשכבת מצע בקטע "קונבנציונאלי",

ג) שלב 3, בנובמבר 2001 מעל לשכבת האספלט בסמוך לפתיחת הכביש לתנועה, ו-

ד) שלב 4, ביוני 2004, לאחר כשנתיים וחצי של שרות.

אורך קטעי הבדיקה נע בין 120 ל-240 מ'. מדידת השקיעות עם HWD נעשו במרווחים של 20 מ' על גבי מספר פסי מדידה לרוחב הכביש. ההומוגניות של כל קטע נאמדה ע"י השוואת פרמטרי אגן השקיעות לאורך ולרוחב כל קטע. הסקר בחן גם תופעות של אי-ליניאריות ע"י הפעלת 2 רמות עומס בחלק מהקטעים והשלבים.

##### 4.2 קטעי הסקר ושלבי הבדיקות

טבלה מס' 1 מתארת את החתכים הטיפוסיים ואת שלבי הבדיקה. בטבלה, BA מסמל "Bottom Ash" או אפר פחם תחתי, ו-FA מסמל "Fly Ash" או אפר פחם מרחף.

טבלה מס' 1: שלבי הסקר וחתכים טיפוסיים

אספלט	עובי השכבה, ס"מ			אפר פחם	סימון הקטע	שלב מס' / תאריך
	תשתית	מצע	מילוי / חיזוק			
	שתית חרסיתית מהודקת				A-1	1
-	-	-	-	120 BA	B-1	אוקטובר 2000
-	-	-	כיסוי דק	160 FA	C-1	
-	-	18	45	-	A-2	2
-	-	18	-	150 BA	B-2	נובמבר 2000
-	-	-	40	160 FA	C-2	
20	17	38	45	-	A-3	3
15	17	18	-	150 BA	B-3	נובמבר 2001
15	17	18	100	160 FA	C-3	
אותם החתכים של שלב 3					A-4	4
					B-4	יוני
					C-4	2004



**טבלה מס' 2: קשיחות דינמית – ISM, בטונות/ס"מ**

קטע C-1		קטע B-1		קטע A-1		ערך
עומס 2 עד 3 טון	עומס 4 עד 5 טון	עומס 2 עד 3 טון	עומס 4 עד 5 טון	עומס 2 עד 3 טון	עומס 4 עד 5 טון	
52.8	52.8	31.7	28.2	28.9	30.7	ממוצע ISM
8.1	9.4	2.1	2.2	4.4	6.3	סטיית תקן
15.3	17.8	6.6	7.8	15.2	20.5	CV (%)
קטע C-2		קטע B-2		קטע A-2		ערך
עומס 2 עד 3 טון	עומס 4 עד 5 טון	עומס 2 עד 3 טון	עומס 4 עד 5 טון	עומס 2 עד 3 טון	עומס 4 עד 5 טון	
61.4	64.4	44.0	46.6	74.3	74.9	ממוצע ISM
5.6	8.1	3.8	4.5	8.9	15.2	סטיית תקן
9.1	12.6	8.6	9.6	12.0	20.3	CV (%)
קטע C-3		קטע B-3		קטע A-3		ערך
עומס 7.5 טון		עומס 7.5 טון		עומס 7.5 טון		
414.4		158.7		254.7		ממוצע ISM
24.0		11.9		17.3		סטיית תקן
5.6		7.5		6.8		CV (%)

הערה: בשלבים 1 ו-2 פלטת העמסה בקוטר 45 ס"מ, בשלב 3, של 30 ס"מ.

מתוך נתוני הטבלה ניתן לציין מס' נקודות:

א) השתית המהודקת מפגינה "החלשה" מסוימת (softening) כאשר הקשיחות יורדת עם עליית העומס, בעוד ש קטע אפר הפחם התחתני (B-1) מפגין "הקשחה" בשיעור מזערי. שני הקטעים הללו מפגינים ערכי ISM דומים בסדר גודל של 30 טון/ס"מ, וערך זה נמוך ב-75% בקרוב מערך ה-ISM המתקבל בקטע המילוי עם אפר פחם מרחף.

ב) כצפוי, קטעי שלב 2 מפגינים ערכי ISM גבוהים מקטעי שלב 1. מאחר ושכבות החיזוק לא אחידות ביחס לשלב 1, אזי לא ניתן להשוות את הערכים באופן ישיר. קטע אפר הפחם התחתני, למשל, שחוזק עם רק 18 ס"מ של מצע, מפגין גידול של כ-50% בערך ה-ISM. לעומתו, קטע המילוי עם אפר פחם מרחף, אשר חוזק עם שכבה דקה של חומר capping, מפגין עלייה של 20% בערך ה-ISM (קטע C-2).

ג) הקשיחות של קטעי שלב 3 נקבעו לאחר שהושלמה שכבת האספלט. שוב, השוואות ישירות לא ניתן לעשות, אולם כל ערכי ISM הם גבוהים ואופייניים למיסעות גמישות בארץ. בשלב זה כבר אפשר היה לראות את ערכי ה-ISM הגבוהים במיוחד (כ-400 טון/ס"מ) שמתקבלים בקטעי המילוי עם אפר פחם מרחף. נקודה זאת נבדקה במיוחד במעקב שבוצע ביוני 2004 שמדווח בהמשך.

**5.1.2 שטח אגן השקיעות AREA**

טבלה מס' 3 מציגה את הממוצע, סטיית התקן ומקדם השונות של ערכי שטח אגן השקיעות שנמדדו בקטעי הפרוגרמה



ב) תקריב של אפר פחם תחתני שנקדח בקטע B בו ניתן להבחין במרקם החולי-גס של אפר הפחם התחתני ועל תכולת רטיבות נאותה המקנה יציבות וקוהזיה מדומה לחומר.



ג) ארגו קידוח באפר פחם מרחף (קטע C). הקידוח בוצע במקדח core-driller. ניתן להבחין בגלילים שלמים של עד 10 ס"מ אורך בעלי דרגה מסוימת של צמנטציה. לא ניתן היה להכין מדגם לבדיקת חוזק בלא כלוא, אך לא ניתן היה לשבור את החלקים השלמים בלחץ האצבעות.

### 6.3. הערכה מבנית

#### 6.3.1. פרמטרי שקיעה

טבלה מס' 6 מציגה את הערכים הממוצעים של הקשיחות הדינמית ISM ושטח אגן השקיעות שנמדדו במסגרת המעקב המבני ב-11/2001 וב-6/2004, לאחר כשנתיים וחצי של שירות.

טבלה מס' 6: פרמטרי השקיעה ב-11/2001 ו-6/2004

קטע C (אפר פחם מרחף)		קטע B (אפר פחם תחתני)		קטע A (קונבנציונאלי)		פרמטר	
6/2004	11/2001	6/2004	11/2001	6/2004	11/2001		
442	414	225	159	323	255	ממוצע	ISM טון/ס"מ
10.7	5.6	21.4	7.5	12.1	6.8	CV (%)	
16.9	17.3	22.7	22.4	21.7	22.8	ממוצע	AREA אינץ'
5.6	5.2	3.0	2.7	4.0	3.5	CV (%)	

מתוך הנתונים ההשוואתיים של טבלה מס' 6 ניתן להבליט את הנקודות הבאות:

- א) הקשיחות הדינמית הממוצעת עלתה בשיעור של פחות מ-10% בקטע C עד כ-40% בקטע B.
- ב) אי-האחידות (מקדם השונות) של הקשיחות הדינמית גם גדלה ב-2004 ביחס ל-2001. ערכי השונות מתקרבים לערכים המקובלים בכבישים קיימים בתנאי שירות.