

מדריך שימושי אפר פחם בסלילת כבישים

תיאור תכני המדריך

כללי

בשנת 1994 יזמה חברת כביש חוצה ישראל בע"מ בשיתוף עם מנהלת אפר הפחם, חקירה רב-שלבית שיועדה ללימוד יישומי הסלילה השונים בעולם ובדיקות הנדסיות של אפר פחם מקומי, כדי לבחון את פוטנציאל השימוש באפר פחם בסלילת כבישים. עד היום השתמשו בלמעלה מ-1,000,000 טון של אפר פחם מרחף ותחתי כחומר מילוי "נטו" בסוללות כבישים בפרויקטים שונים. יישום נוסף של אפר פחם מרחף כמטיב ומייצב תשתית חרסיתית, נבחן בניסוי שבוצע בקטע בכביש 55 "עוקף הוד השרון" בשנת 1999. הצלחת הניסוי הובילה את חברת דרך ארץ וחברת כביש חוצה ישראל לבחון את יישום האפר המרחף גם כמייצב חרסית וכ"מטיב" חרסית "שמנה", בהתאמה. יישומים נוספים של אפר פחם נבחנים ברמות שונות ע"י גופים שונים בארץ, עקב הפוטנציאל ההנדסי וכלכלי הטמון בו כחומר לסלילת כבישים.

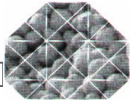
מדריך סלילה זה נועד לסייע למוסדות, יזמים ומהנדסים ללא ניסיון או עם ניסיון מועט בשימוש של אפר פחם בסלילת כבישים במתן מידע הנדסי ראשוני לגבי סוגי אפר הפחם והיישומים האפשריים. לאור הניסיון שנצבר כבר בארץ, מודגשות תכונות הנדסיות של סוגי אפר פחם מקומיים, ומאפייני ביצוע ובקרת איכות של פרויקטים שבוצעו בארץ.

אפר פחם בכבישים ובתשתיות

בתהליך השריפה של פחם טחון בתחנת הכח נוצרים אפר פחם מרחף (85% – 90% מכלל האפר) ותחתית (10% – 15% מכלל האפר). אפר פחם מרחף מסופק למטרות סלילה כאפר מורטב או Conditioned המסופק למשאיות הובלה כאפר "טרי" שעובר מהסילו דרך מתקן הרטבה ישירות למשאיות, ללא ערבוב עם אפרים שונים, תוך שמירה על איפיונו הפיזיקלי-כימי הייחודי. דרך שנייה היא אספקה ישירה מערימה מורטבת בחצר תחנת הכח בה יש סיכוי לערבוב כמה סוגי אפרים, אך ניתן גם לערום אפר מסוג אחד בנפרד בתאום מראש עם תחנת הכח. בארץ אספקת אפר הפחם לסלילה בארץ יכולה להיות מערימות בתחנת הכוח, לגבי שני סוגי אפר הפחם, או במצב מורטב ישירות מהסילו לגבי אפר פחם מרחף. השימושים העיקריים של אפר פחם בסלילת כבישים הם רבים ומגוונים, כאשר הבולטים הם שימושים בתערובות אספלט, ייצוב תשתית עם אפר פחם וסיד, אפר פחם כחומר מילוי "נטו" וייצוב/טיוב חרסית "שמנה" עם אפר פחם מרחף. בשימושים אלה אפר הפחם משמש כמלאן וכמחליף פרקציה חולית, כמייצב תשתית וכחומר מילוי.

תכונות אפר פחם

התכונות הכימיות והפיסיקליות של אפר הפחם תלויות בגורמים רבים כגון מקור הפחם, דרגת הכנת הפחם, ניקיונו ודקות טחינתו, תכנון, סוג והפעלה של דודי הבעירה, איסוף, שינוע ושיטות אחסנה. בגלל כל אלה, אפר הפחם מפגין דרגת הטרוגניות גבוהה בתכונותיו לאורך הזמן. על מנת להתמודד עם הטרוגניות זאת, יש להגדיר פרמטרים שמתארים את התנהגותו של אפר הפחם כך שניתן יהיה להעריך ולנתח את התאמתו של אפר הפחם ליישום ההנדסי המתוכנן. בין התכונות הכימיות החשובות- אחוז הפחם הלא



מדריך שימושי אפר פחם בסלילת כבישים

שרוף (LOI) ותכולת תחמוצות קלציום ומגנזיום שעל פיה מחולק אפר הפחם לסוג F וסוג C. בין התכונות הפיסיקליות החשובות – דירוג (מבחינת גודל גרגר) ומשקל סגולי של האפר, ובין התכונות ההנדסיות החשובות – גבולות סומך, יחסי צפיפות-רטיבות, חוזק לגזירה, דחיסות וקונסולידציה, חדירות ומוליכות הידראולית ומנת תסבולת קליפורניה (מת"ק).

ייצוב וטיוב קרקעות חרסיתיות עם אפר פחם מרחף

סוגים מסוימים של אפר פחם מרחף יכולים לשמש לייצוב או טיוב קרקעות חרסיתיות המשפרים למעשה את תכונות הקרקע, כפונקציה של כמות האפר המוספת לקרקע ו/או תכולת תחמוצות הקלציום והמגנזיום באפר. למשל עפ"י תכולת תחמוצות אלו באפר הפחם בארץ ממקור דרום אפריקאי שנהה בין 10% – 12%, ניתן להשתמש באפר זה כמייצב פוטנציאלי של חרסית "שמנה".

מכניזם הטיוב/ ייצוב של חרסיתיות עם אפר פחם מרחף עתיר תחמוצות קלציום ומגנזיום, מוסבר בריאקציות הכימיות הבאות המתרחשות כתוצאה מערבוב האפר עם קרקע חרסיתית: ריאקציות רצויות (מבחינת תרומת האפר לקרקע) – החלפת קטיונים, פלוקולציה ואגלומרציה וריאקציה פוצלנית, וריאקציה בלתי רצויה - קרבונציה.

כיום יש נתונים מקומיים על התכונות ההנדסיות של חרסית מיוצבת באפר פחם מרחף דרום אפריקאי, מתוך עבודות שנעשו עבור חברת כביש חוצה ישראל, מע"צ וחברת דרך ארץ. לבדיקת פלטטיות החרסית נבחנה השפעת אפר מרחף דרום אפריקאי על גבולות הסומך של חרסית "שמנה" מאזור חולדה, נבדקה ונמצא באופן כללי כי ככל שתכולת האפר היתה גבוהה יותר, חלה ירידה בגבול הנזילות ובמדד הפלטטיות של החרסית. נמצא גם כי תוספת של אפר פחם מרחף והארכת זמני האשפחה שלו תרמו להגדלת המת"ק בחרסית, ולירידה בשיעור ולחץ התפיחה של החרסית.

הביצוע של עבודות סלילה עם אפר פחם מרחף או תחתי נעשה בשיטות ובכלים הרגילים המשמשים לסלילה עם חומרים קונבנציונליים. מפרטים והנחיות ביצוע ובקרת איכות בנידון פורסמו מטעם מע"צ, והם דנים באופן כללי במפרטים ונהלים בשימוש בארץ, הובלה ואחסון ביניים של אפר פחם מרחף ותחתית, פיזור אפר הפחם, הידוק שכבות אפר הפחם, ובקרת איכות של סוללות אפר פחם.

מבין עבודות הסלילה, ביצוע של עבודות ייצוב/ טיוב חרסית עם אפר פחם מרחף, נעשה עפ"י מפרטים ונהלים בשימוש בארץ, דרישה לסוג אפר פחם מרחף לייצוב/ טיוב החרסית (ממקור דרום אפריקאי עם 10% תחמוצות קלציום ומגנזיום), שימוש בצידוד לייצוב חרסית עם אפר פחם מרחף (לשם עירבוב החרסית עם האפר והידוק הקרקע), ובקרת איכות עבודות הייצוב/ טיוב של החרסית עם האפר המרחף.

סלילה עם אפר פחם מרחף או תחתית חייבת בדיקה של נציבות המים באישור המשרד לאיכות הסביבה. האישורים מסתמכים על מפת רגישות מי תהום ועל הגיאולוגיה וההידרולוגיה של האזור המתוכנן לסלילה.