

תרומת האפר המרחף לבטון וייעולה

ד"ר עמית קני, פרופ' ארנון בנטור

המכון הלאומי לחקר הבנייה, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

שילוב של אפר פחם בבטון יתרונות מוכרים רבים, הן בהיבטים הסביבתיים והן בהיבטים של תכונות הבטון. הדעה הרווחת היא שהמנגנון העיקרי לתרומה של אפר הפחם בבטון הוא כימי והוא מבוסס על תגובה פוצולנית בין האפר ובין מימת הסיידן שבבטון. אקטיביות אפר הפחם מבוססת על שפעול הפזה הזכוכיתית שבו באמצעות ערך ההגבה הגבוה של מי הנקבים בבטון ולאחר מכן תגובה עם מימת הסיידן ליצירת גל של קלציום סיליקט הידרט. צמנט פורטלנד הנו משפעל מצוין המעניק הן את הסביבה הבסיסית והן את מימת הסיידן לתגובה הפוצולנית.

התוספת של אפר הפחם לבטון מתבצעת בשתי צורות עיקריות: שילוב של האפר בצמנט עצמו בצורה של צמנט מעורב המיוצר במפעל הצמנט או הוספתו באופן ישיר לבטון במפעל לבטון מובא. צמנטים מעורבים מכילים ערבים מינרליים ופחות קלינקר מצמנט רגיל. על רקע הגברת השימוש בצמנטים מעורבים עלתה השאלה האם יש במהלך זה משום מגבלה על תוספת אפר פחם לבטון בתהליך הייצור וזאת מתוך חשש שחלק מפוטנציאל השפעול של הצמנט מנוצל כבר לשפעול הערבים המינרליים שבצמנט המעורב.

במחקר הנוכחי נבדקה סוגיה זו על ידי אפיון האקטיביות של האפר בבטונים ומלטים העשויים מצמנט רגיל CEM I ומצמנט המכיל תוספים מינרליים ופוצולנים, CEM II M-SLV. התוצאות מצביעות על כך שהשפעול בבטון באמצעות צמנט CEM II דומה לזה של CEM I. ניתוח התוצאות וההרכבים של חומרי הגלם מצביע על כך שייתכן שהשפעת אפר הפחם על החוזק מורכבת משלושה אפקטים: (1) שפעול האפר ויצירת גל של קלציום סיליקט הידרט, (2) אפקט מלאן שתלוי לא בהרכב הכימי אלא בפילוג גודל החלקיקים של הצמנט והאפר, (3) המסה יעילה יותר של המינרלים העיקריים של הצמנט, ובשל-כך יעילות גדולה יותר של הצמנט עצמו. ניסויים ראשוניים עם מלאנים אינרטיים מצביעים על כך שאפקט המלאן הוא משמעותי, ומתווסף לאפקט הכימי.

שלב נוסף של המחקר המתוכנן להתבצע בחודשים הקרובים מיועד לבחון את היעילות של האפר כאשר משלבים אותו עם צמנט מסוג 32.5 אשר בו תכולת התוספים המינרליים עולה על זו שבצמנט מסוג CEM II. בהיבט המדעי הרחבת המחקר לתחומים אלה מיועדת גם לבחון בשלב מתקדם יותר האם המנגנונים שאופיינו בצמנט CEM II מתקיימים גם בתכולות גבוהות יותר של תוספים מינרליים בצמנט מעורב.

