

## אפיון תערובות בטון כתלות במקור אפר הפחם

**"השפעת מקורות אפר הפחם על תכונות הבטון (חוזק לחיצה וחדירות לכלורידים) על בסיס ת.י. 118 (2008) גיליון תיקון מס' 4**

### סקר מספר 4

#### ❖ מבוא

סקר זה ינסה לבדוק האם קיימת השפעה על תכונות הבטון (חוזק לחיצה וחדירות לכלורידים) כשאפר הפחם ממקורות שונים מהווה חלק ממרכיבי הבטון.

חיוניותו של סקר זה נובעת מהעובדה שהתקן הנדון אינו מאפשר שימוש באפר פחם כחליף לצמנט בבטונים המיועדים לדרגות חשיפה 6-11 אלא לחול בלבד. ומאחר ואחת התכונות החשובות ביותר לבטון המיועד לדרגות חשיפה אלו הינה דרגת חדירות הכלורידים ובדיקות הסקר הקודמות שנערכו על בטונים לדרגות חשיפה 1-4 הראו את יעילותו של אפר הפחם להקטנת החדירות לכלורידים מוצע לקיים סקר זה.

בנוסף מומלץ לבצע במסגרת סקר זה בדיקת חוזק לחיצה וחדירות לכלורידים בבטונים בהם אפר הפחם מהווה חליף הן לצמנט והן לחול והמיועדים לדרגות חשיפה אלו וזאת בהסתמך על עקרון "התפקוד השקיל" המופיע בתקן הנדון.

1

#### ❖ להלן מערכת הבדיקות המוצעת:

- (1) בדיקת התכונות הנידונות (חוזק לחיצה וחדירות לכלורידים) בתערובת ייחוס (רפרנס) הבנויה על פי דרישות טבלה 11 לדרגת חשיפה 6 בגיליון התיקון מס' 4 לתקן הנדון (ראה טבלה בהמשך המסמך, תערובת A).
- (2) בדיקת התכונות הנידונות של התערובת לעיל כשאפר הפחם יהווה חליף חלקי לחול הפוסילי שבתערובת הייחוס (ראה טבלה בהמשך המסמך, תערובת B).
- (3) בדיקת התכונות (חוזק לחיצה, חדירות למים, קרבונציה, חדירות לכלורידים) בתערובת הייחוס הנדרשת על פי עקרון "התפקוד השקיל", לדרגת חשיפה 6 (ראה הטבלה בהמשך המסמך, תערובת C).
- (4) בדיקת ארבע התכונות המצוינות לעיל על פי עקרון "התפקוד השקיל" בתערובת בטון בה אפר הפחם מהווה הן כחליף לצמנט והן כחליף לחול ועקרונות ההחלפה הינם - ערך K של אפר הפחם שווה 0.4 וכמות אפר הפחם המשמשת כחליף לצמנט לא תעלה על 25% מכמות הצמנט האפקטיבית בתערובת הבטון. (ראה הטבלה בהמשך המסמך, תערובת D).

#### ❖ הנתונים והדרישות לביצוע של מערך הבדיקות

אפר הפחם יהיה **ממספר** מקורות שונים תוך שימת דגש על אפרים הנבדלים בתכונות מהותיות (מקורות מהם מגיע הפחם באופן סדיר לחברת החשמל).

תערובות הבטון יהיו על פי הרשום בטבלה המופיעה בהמשך המסמך, מותאמות לדרגת חשיפה 6 ולדרישות גיליון התיקון מס' 4 ביחס לכמות הצמנט המינימאלית, יחס מים צמנט מכסימאלי ועקרון התפקוד השקיל שבתקן הנדון.

סידרת הבדיקות של תערובות הבטון הנידונות תהיינה

(A) תערובת "ייחוס" ללא אפר פחם שתכלול 270 ק"ג צמנט למ"ק ביחס מים/צמנט 0.45. הצמנט יהיה CEM II 42.5N S-L-V.

(B) תערובות בטון עם אפר פחם מכל מקור של אפר פחם שייבדק ושתכלולנה 270 ק"ג צמנט למ"ק, יחס מים/צמנט 0.45 ו- 100 ק"ג אפר פחם למ"ק כחליף לחול הפוסילי. הצמנט יהיה CEM II 42.5N S-L-V

(C) תערובת "ייחוס" ללא אפר פחם שתכלול 270 ק"ג צמנט למ"ק ביחס מים/צמנט 0.45. הצמנט יהיה CEM I 52.5N.

(D) תערובות בטון עם אפר פחם מכל מקור של אפר פחם שייבדק ושתכלולנה 245 ק"ג צמנט למ"ק, 60 ק"ג של אפר פחם למ"ק כחליף לצמנט ו- 40 ק"ג אפר פחם למ"ק כחליף לחול הפוסילי. הצמנט יהיה CEM II 42.5N S-L-V.

האגרגטים יהיו ממחצבה דולומיטית והחול הטבעי יהיה חול פוסילי ממישור רותם.

כל הסדרות תבוצענה עם **מוסף בשם LP 310** של חברת לאריספלסט בכמות של 1.5%-2.0% מכמות הצמנט בתערובת (ראה הערה בסוף המסמך).

## ❖ הבדיקות יכללו את המדדים הבאים

תכונות הבטון הטרי לכל התערובות (D+C+B+A)

✓ צפיפות (מסה סגולית מרחבית)

הערה: יש לבדוק את המשקל הסגולי המרחבי של כל האגרגטים השונים כולל החול המשמשים בתערובת הבטון, כדי להבטיח שסך האגרגטים, החול, הצמנט, אפר הפחם (בתערובת אליה הוכנס), המים והערכת אחוז אוויר מהווים מ"ק אחד.

✓ תכולת אוויר

✓ אובדן סומך

תכונות בטון קשוי לתערובות (B+A)

✓ חוזק לחיצה בשלושה מועדים (2, 7, 28 יום)

✓ חדירות לכלורידים לפי ASTM C 1202-5

✚ תכונות בטון קשוי לתערובות (D+C)

✓ חוזק לחיצה בשלושה מועדים (2, 7, 28 יום)

✓ חדירות למים

✓ חדירות לכלורידים לפי ASTM C 1202-5

## ❖ הכנת התערובות

✚ כמות המים בתערובות תהיה על בסיס הדרישה ליחס מים/צמנט בטבלה 11 שבגיליון התיקון מס' 4 לתקן ת.י. 118 בדרגת חשיפה 6 דהיינו מכסימום 0.45 על בסיס ר.י.פ.

✓ הערה: כיוון שיחס מים צמנט אמור להיות על בסיס רווי יבש פנים (ר.י.פ) יש למדוד את ספיגות האגרטים, ולציין בדו"ח את % הספיגות, לייבש את האגרטים ורק לאחר מכן להוסיף את כמות המים הנדרשת, כך שניתן יהיה לחשב את יחס מים/צמנט על בסיס ר.י.פ.

✚ הכנת התערובות תתבצע באמצעות ערבול בחש ובסומך קבוע של "5 - 6" (תיקון הסומך במידה ויידרש יעשה רק באמצעות שינוי כמות המוסף)

✚ יש לבדוק את אובדן הסומך כל 15 דקות במשך 60 דקות.

## ❖ היקף המדגמים הנדרשים

✚ 3 קוביות 10X10X10 ס"מ לבדיקת חוזק הלחיצה לכל אחת מהתערובות ולכל אחד מהמועדים.

✚ 3 מדגמים של 10.0 ס"מ קוטר על 5.0 ס"מ עובי לכל תערובת בטון לבדיקת חדירות לכלורידים. מדגמים אלו ינוסרו מ- 2 גלילי בטון שיוכנו לכל תערובת ותערובת ויאושפרו במשך 28 יום לפחות על פי דרישות התקן.


✚ 3 מדגמים לבדיקת חדירות למים לגבי תערובות (D+C) ולכל מקור אפר פחם בתערובת D.

✚ 3 מדגמים לבדיקת הקרבונציה לתערובות (D+C) ולכל מקור אפר פחם בתערובת D.

❖ **השוואת תכונות תערובות בטון בדרגת חשיפה 6 ושקיעה "5 - 6" על פי גיליון התיקון מס' 4 ל ת.י. 118 (2008)**

✚ **טבלת תכן התערובות**

(D)	(C)	(B )	(A)	-----
על פי תפקוד שקיל עם אפר פחם	תערובת רפרנס תפקוד שקיל	על פי ת.י.118 עם אפר פחם	ת.י.118 רפרנס	-----
	270	-----	-----	צמנט I CEM (ק"ג)
245	-----	270	270	צמנט II CEM (ק"ג)
100	-----	100	-----	אפר פחם (ק"ג)
120	120	120	120	מים (ק"ג)
0.45	0.45	0.45	0.45	יחס מים/צמנט ב (רווי יבש פנים)
870	870	870	870	עדס (דולומיט) (ק"ג)
650	650	650	650	מודרג (גיר/דולומיט) (ק"ג)
380	460	350	460	חול (פוסילי) (ק"ג)
1.5%-2.0%	1.5%-2.0%	1.5%-2.0%	1.5%-2.0%	מוסף (אחוז מכמות הצמנט האפקטיבית)
2365	2370	2360	2370	סה"כ (ק"ג)

 **הערה-** מאחר ולייצור תערובות בטון לדרגת חשיפה 6 עם כמויות הצמנט המינימאליות ויחס מים/צמנט מכסימאלי כנדרש בטבלה 11 שבגיליון תיקון 4 נדרשים מוספים מהדור השלישי והידועים כמוספים קרבוקסילטים/פוליפוספונטים, מוצע להשתמש במוסף LP310 של חברת לאריספלסט מאחר ובוצעה בדיקה מקדימה של התאמת המוסף לתערובות לעיל.

קיימים בשוק מוספים נוספים כגון גלניום, רדיקריט שלא נוסו.

במידה ולא הוכנו תערובות עם המוסף הנ"ל, על המעבדה שתיבחר לבצע את הסקר הנדון לקבל הדרכה מתאימה קודם לתהליך הכנת התערובות.

**בברכה**

**גדעון אירוס**

**ג. אירוס יועצים בע"מ**