

בטון: דרישות, תפקוד וייצור

Concrete: Specifications, performance and production

5. 2. 5. שימוש בתוספים

5. 2. 5. 1 כללי

כמות התוספים מטיפוס I ומטיפוס II תתאים לכמות שנקבעה בניסויים מוקדמים (ראו הגדרה 3.34 ונספח א).

הערה:

תובא בחשבון השפעת תכולה גבוהה של תוספים על תכונות הבטון, למעט על החוזק.

תוספים מטיפוס II יובאו בחשבון בהרכב הבטון תוך התייחסות לתכולת הצמנט וליחס מים: צמנט. ניתן להשתמש בעקרון ערך-k עבור אפר פחם ועבור מיקרוסיליקה לפי ההנחיות הנקובות בסעיף 5.2.5.2.

שימוש בעקרונות אחרים (לדוגמה: עקרון התפקוד השקיל [ראו סעיף 5.2.5.3]), שינויים בעקרון ערך-k, שימוש בערכי-k גבוהים יותר מהנקוב בסעיפים 5.2.5.2 ב ו-5.2.5.2 ג, או שימוש בתוספים אחרים (כולל מטיפוס II) או בשילוב של תוספים, ייעשו באישור המתכנן.

5. 2. 5. 2 עקרון ערך-k (ראו גם סעיף 1.2)

א. כללי

עקרון ערך-k מאפשר לקבוע את כמות התוסף מטיפוס II השקילה להחלפת כמות של צמנט, כך שכמות הצמנט המינימלית בבטון והיחס המקסימלי מים: צמנט יתאימו לנדרש בטבלה 11. "כמות הצמנט" המובאת בחשבון בחישוב "כמות הצמנט המינימלית" בבטון ובחישוב "יחס מקסימלי מים: צמנט" תיקבע לפי "כמות הצמנט בבטון לאחר ההחלפה + k × כמות התוסף". בסעיפים 5.2.5.2 ב ו-5.2.5.2 ג מובא עקרון ערך-k עבור אפר פחם המתאים לתקן הישראלי ת"י 1209 ועבור מיקרוסיליקה המתאימה לתקן האירופי EN 13263-1:2005. הערך-k עבור תוספים אחרים, או עבור שילוב של תוסף עם צמנט שונה מהצמנט הנקוב בסעיפים האמורים, ייקבע לפי עקרון התפקוד השקיל (ראו סעיף 5.2.5.3).

ב. עקרון ערך-k עבור אפר פחם המתאים לתקן הישראלי ת"י 1209

עקרון ערך-k המתואר להלן ניתן ליישום עבור כמות אפר פחם שאינה גדולה מ-0.33 × כמות הצמנט לאחר ההחלפה. אם הבטון כולל אפר פחם בכמות גדולה מזו, אין להביא בחשבון את היתרה בחישוב כמות הצמנט המינימלית והיחס המקסימלי מים: צמנט. כמות הצמנט המינימלית הנדרשת בהתאם לדרגת החשיפה (ראו סעיף 5.3.2) ניתנת להקטנה אם מתקיימים כל התנאים האלה:

- כמות הצמנט (Δc) הניתנת להחלפה על ידי כמות שקילה של אפר פחם (Δf) לא תהיה גדולה מהנקוב בטבלה 9;

- כמות אפר הפחם השקילה להחלפת כמות צמנט תחושב לפי הנוסחה: $\Delta f = \frac{\Delta c}{k}$;

- הערך-k יתאים לנקוב בטבלה 9 עבור דרגות חשיפה 1-4 (ראו סעיף 4.1.2) ועבור צמנט CEM I, או CEM II/A-V או CEM II/A-W המכילים עד 10% אפר פחם, בעל דרגת חוזק 42.5 לפחות, המתאים לתקן הישראלי ת"י 1 חלק 1.

עבור דרגות חשיפה אחרות ייקבע הערך-k לפי עקרון התפקוד השקיל (ראו סעיף 5.2.5.3); לבטון הנוצק בתוך מים או בתמיסת תמך ראו דרישות לערך-k בסעיף 5.3.2.4.

- (כמות הצמנט לאחר ההחלפה + k × כמות אפר הפחם) לא תהיה קטנה מכמות הצמנט הנדרשת לפי דרגת החשיפה, כמפורט בסעיף 5.3.2 ;
- היחס מים : (כמות הצמנט לאחר ההחלפה + k × כמות אפר הפחם) לא יהיה גדול מהיחס מים :צמנט הנדרש לפי דרגת החשיפה, כמפורט בסעיף 5.3.2.

טבלה 9 - ערך-k עבור אפר פחם

ערך-k	כמות הצמנט המקסימלית הניתנת להחלפה על ידי אפר פחם (ק"ג למ"ק) (Δc)	כמות הצמנט המינימלית הנדרשת בהתאם לנקוב בטבלה 11 (ק"ג למ"ק)	דרגת החשיפה לפי סעיף 4.1.2 (א)
0.5	30 (ב)	230	1 (ב)
0.5	40	270	2
0.5	40	270	3
0.4	30	270	4

הערות לטבלה:

(א) ניתן להשתמש בעקרון ערך-k עבור דרגות החשיפה 5 עד 11 כאשר הערך-k עצמו נקבע בהתאם לעקרון התפקוד השקיל כנדרש בסעיף 5.2.5.3.

(ב) בבטון מזוין שנוצק בדרגת חשיפה 1, הקטנת כמות הצמנט מותרת רק בבטון בעל דרגת חוזק ב-30 או יותר.

ג. עקרון ערך-k עבור מיקרוסיליקה המתאימה לתקן האירופי EN 13263-1:2005

- עקרון ערך-k המתואר להלן ניתן ליישום עבור כמות מיקרוסיליקה שאינה גדולה מ- $(0.11 \times$ כמות הצמנט לאחר ההחלפה). אם הבטון כולל מיקרוסיליקה בכמות גדולה מזו, אין להביא בחשבון את היתרה בחישוב כמות הצמנט המינימלית והיחס המקסימלי מים :צמנט.
 - כמות הצמנט המינימלית הנדרשת לפי דרגת החשיפה (ראו טבלה 11) ניתנת להקטנה אם מתקיימים כל התנאים האלה :
 - כמות המיקרוסיליקה (Δs) השקילה להחלפת כמות צמנט (Δc) תחושב לפי הנוסחה
- $$; \Delta s = \frac{\Delta c}{k}$$
- הערך-k עבור צמנט CEM I המתאים לתקן הישראלי ת"י 1 חלק 1 יהיה כלהלן :
 - $k = 2.0$, כאשר היחס מים :צמנט בבטון שווה 0.45 או פחות ;
 - $k = 1.0$, כאשר היחס מים :צמנט בבטון גדול מ-0.45.
 - (כמות הצמנט לאחר ההחלפה + k × כמות המיקרוסיליקה) לא תהיה קטנה מכמות הצמנט הנדרשת לפי דרגת החשיפה, כנקוב בטבלה 11 ;
 - היחס מים : (כמות הצמנט לאחר ההחלפה + k × כמות המיקרוסיליקה) לא יהיה גדול מהיחס מים :צמנט הנדרש לפי דרגת החשיפה, כנקוב בטבלה 11 ;
 - עבור דרגות חשיפה 1 - 4 בלבד, כמות הצמנט (Δc) הניתנת להחלפה על ידי כמות מיקרוסיליקה (Δs) לא תהיה גדולה מ-30 ק"ג למ"ק בטון.