



השריטה הדו שלבית לאטימת בטון

מאת דינאל שניידר - מהנדס אזרחי MSc

בללי:

כאשר אנחנו רוצים אטימות בפני מים של מבנה, בעיקר של רכיבי בטון, יש צורך בשילוב מערכות איטום. לא ניתן, בתנאי הסביבה בארץ לסמוך רק על הגנה אחת. לא לסמוך רק על אטימת הבטון באמצעות מוספים כימיים מיוחדים או רק על אטימה חיצונית באמצעות יריעה/ מריחה של חומרי איטום. ניתן ללמוד מתחומים שונים את הצורך בשני קווי הגנה לפחות:

המפתח להצלחה במלחמות - שני קווי הגנה לפחות



או 2 קווי הגנה בכדורגל



או אפילו 3 קווי הגנה ("פרוטוקולים" בשפה הרפואית) בטיפול במחלות

Three Lines of Defense Against Infection

- 1. First Line of Defense: Non-specific natural barriers which restrict entry of pathogen.**
Examples: Skin and mucous membranes.
- 2. Second Line of Defense: Innate non-specific immune defenses provide rapid local response to pathogen after it has entered host.**
Examples: Fever, phagocytes (macrophages and neutrophils), inflammation, and interferon.
- 3. Third line of defense: Antigen-specific immune responses, specifically target and attack invaders that get past first two lines of defense.**
Examples: Antibodies and lymphocytes.

ומה לגבי איטום בבטון? למשל רצפת בטון:

1. שכבת איטום מלמטה, בדרך כלל יריעת איטום מסוג כלשהו
2. בטון בעל אטימות משופרת בפני מים, עם מוספים כימיים או תוספים מינרליים.

מול כל תכנון של בטון כזה, יש לנתח את הכשלים האפשריים בזמן הביצוע. יש הבדל גדול מאוד בין בטון מתוכנן במעבדה, בתנאים "סטריילים" - טמפרטורה של כ-23 מעלות, לחות יחסית של כ- 50% , ללא רוח, לבין בטון יצוק באתר.

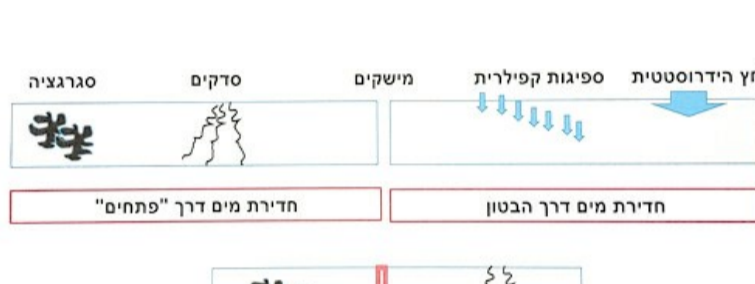
תכנון: בטון עם אטימות למים משופרת:

- יחס מים צמנט נמוך, יחס אגרגטים דקים וגסים מתאים
- שימוש בצמנט מתאים
- שימוש בתוספים מינרליים
- שימוש במוספים כימיים
- יציקה : ריטוט מתאים, הדבקות בטון חדש על בטון ישן (אפילו בן יום אחד)
- אשפרה : לפחות 14 יום
- פירוק תבניות בזמן המתאים
- הגנה פני הבטון

כשלים אפשריים של בטון מתוכנן לאטימות למים משופרת:

- סגרגציה או קני חציץ
- סדיקה עקב התכווצות הבטון
- סדיקה עקב מאמצים תרמיים
- קרוויה של זיון הפלדה עקב תערובת בטון לא מתאימה
- קרוויה של זיון הפלדה עקב עובי כיסוי לא מספיק
- קרוויה של זיון פלדה עקב יחס מים צמנט גבוה
- סדיקה עקב אשפרה לא מתאימה
- חדירת כלורידים
- קרבוניצה CO2
- חוסר בתוכנית לבקרת איכות והבטחת איכות

איך המים חוזרים דרך הבטון?



מים יכולים להדור דרך פתחים בבטון כמו סדקים, משיקים או סגרגציה או דרך הבטון עצמו על ידי ספיגת נימית ("קפילרית") או בלחץ הדרוסטטי. כמו כן, גז ראדון, הקיים בקרקע באזורים מסוימים במדינה, גז קל משקל, יכול להדור דרך הבטון מלמטה כמו בסדקים, סגרגציה או משיקים. ראו סקיצה מעלה.

ננתח בהמשך כמה מהכשלים ונבחן דרך להימנע מהם.

חדירות מים דרך סגרגציה

סגרגציה מתרחשת בשטח מאחת הסיבות הבאות:

- יחס לא נכון בין האגרגטים בתערובת
- ריטוט/ הודוק לא נכון
- גודל המרבי של האגרגטים לא מתאים לצפיפות זיון הפלדה ולא מתאים
- לת"י 466 חלק I – חוקת הבטון, שם מפורט:

גודל גרגיר המקסימלי לא יהיה גדול מן הקטן מבין הערכים הבאים:

- 1/5 המידה המינימלית בין פני הטפסות
- 1/3 העובי בכל סוגי התקררות המקשות
- 3/4 מהמרווח בין מוטות זיון בודדים, בין קבוצות של מוטות זיון, בין מיתרים או בין עורכי דריכה
- 3/4 מעובי כיסוי הבטון של מוטות הזיון



צפיפות גדולה מדי של הזיון הפלדה כנגד גודל האגרגט

חדירות מים דרך סדקים

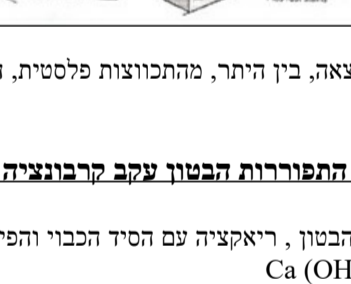


סדקים מתרחשים בבטון כתוצאה, בין היתר, מהתכווצות פלסטית, התכווצות בייבוש, מאמצים תרמיים.

חדירות מים עקב סדיקה/ התפוררות הבטון עקב קרבוניצה מוגברת

חדירת CO2 מהאוויר לתוך הבטון, ריאקציה עם הסיד הכבוי והפיתו לניטריל. $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

הלוי נטיב הבטון, תכולת הרטיבות בו, ותנאים סביבתיים. בנוכחות פנולפלאן, צבע של הבטון נהפך לוורוד, כוללת תהליך קרבוניצה של הבטון וגורם לאטימות של הבטון בפני אחרים. המעבר של pH גבוה מעל 9, הצביעה הולם ונעלם ב- pH נמוך.

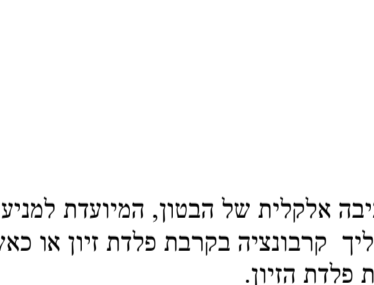


pH - קביעת ערך הגקת רמת חומציות

- 7 pH נאוטרלי
- <7 pH חומצי
- >7 pH בסיסי או אלקלי
- 13 pH עיסה צמנטית
- 11 pH פסיווציה יורדת

פסיווציה

הגנה על פלדת הזיון בסביבה אלקלית של הבטון, המיועדת למניעת שיתוך. הגנה זאת אובדת כאשר הפלדת עובר תהליך קרבוניצה בקרבת פלדת זיון או כאשר מלחים תוקפניים נמצאים בכמות מספקת בקרבת פלדת הזיון.



בטון בעל אטימות משופרת בפני מים על ידי תוספת של מוספים כימיים או/ו תוספים מינרליים

קבוצה א'

חומרים **הידרופוביים (HYDROPHOBIC)**, או דוחי- מים. היווצרות של שכבה דוחה מים אבל איננה סוגרת את הנקבוביות של הבטון.

קבוצה ב'

חומרים גבישיים, חומרים פעילים המגיבים עם צמנט וחול. אלה חומרים **הידרופיליים (HYDROPHILIC)** המייצרים גבישים (שחוסמים את חדירות מים בתוך הנקבובים של הבטון (כדוגמת crystalline). מוסף (תוסף) על בסיס צמנט + חול סיליקט+ כימיקלים אחרים, היווצרות של גבישים בנקבוביות הנימית של הבטון וגורם לאטימות של הבטון בפני מים, כלורידים, עומד בלחצי מים גבוהים במיוחד

קבוצה ג'

חומרים אינרטיים או מלנים פעילים שמצופפים את הבטון וחוסמים את כניסת מים אל הבטון, כולל חומרים מינרליים **(SILICEOUS POWDER)**, כדוגמת מיקרו-סיליקה.

קבוצה ד'

שימוש במוספים על-פלסטיים **(SUPERPLASTICIZER)** המאפשרים להוריד את היחס מים צמנט ואז להגדיל את צפיפות הבטון.

קבוצה ה'

תוספת של טקס פולימרי כדוגמת **SBR-LATEX**.

לדעת, **אין** להתיר שימוש במוספים קריסטליים או כל מוסף לשיפור אטימות בפני מים **במנגנון יחיד** ועיקרי לאיטום. מערכת זאת יכולה להיות **במערכת גיבוי** למערכת האיטום העיקרית.

למרות האמור לעיל, בנייה של מערכת בקרת איכות והבטחת איכות נכונה אמורה להבטיח תוצאות טובות אפילו במערכת אחת.

בקרת איכות - QC היא תהליך שמשלב בדיקות ובחינות, **שנועדו לאיתור תקלות** במוצר, ואימות שרק מוצרים תקינים ימשיכו את מסלול העבודה ושיוחזרו למכירה. הנושאים **הבטחת איכות - QA** היא תהליך **מתוכנן** ושיטתי של מכלול פעילויות, הנדרשות להקניית ביטחון מתאים כי מוצר או שירות יעמדו בדרישות האיכות שהוצבו, ויענו על מלוא צורכי המשתמש.

הבטחת איכות מתמקדת ב"מניעת ליקויים" ומטרת בקרת איכות היא "איתור ליקויים".

לסיכום:

בטון "בעל אטימות משופרת למים" + מערכת איטום + מערכת הבטחת/ בקרת איכות = הפתרון הנכון

צוות מיסטר פיקס

