



ציפויים פנימיים למרחבים מוגנים - מחקר ותקינה



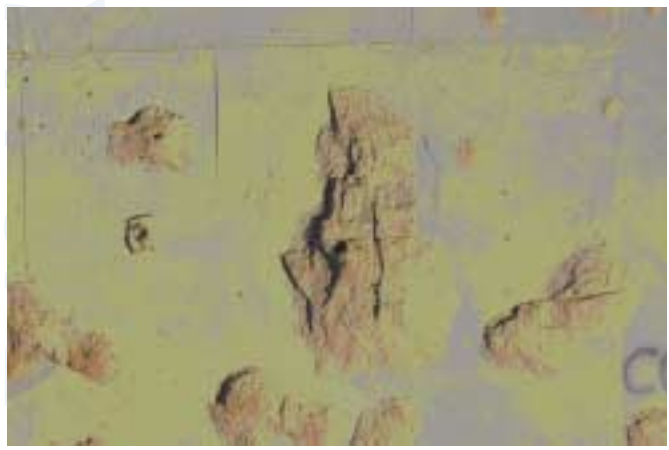
מאת: בני ברוש, רס"ן ראש מדור מחקר ופיתוח בפיקוד העורף. שימש בעבר בתפקידים שונים בצה"ל בתחום המיגון וההנדסה האזרחית. בעל תואר ראשון בהנדסה אזרחית ותואר שני בתחום ניהול הבנייה, שניהם מטעם הטכניון

במרחב מוגן, הבנוי לפי תקנות ההתגוננות האזרחית ממעטפת בטון בעובי של 20 ס"מ ומעלה, נוצרת, בשל מוליכות הבטון, בעיה חמורה עוד יותר של בידוד תרמי ואקוסטי. על בעיה זו ניתן להתגבר על ידי יישום תגמירים מתאימים על פני הקירות החיצוניים של המרחב המוגן או על פני הקירות הפנימיים. יישום תגמירים על פני הקירות הפנימיים של המרחב המוגן צריך להיות כזה, שאינו יוצר סיכון נוסף לחוסים.

ב. הסיכון הפוטנציאלי - שיחוי

האיום הקונבנציונאלי על המרחב המוגן כולל למעשה שני רכיבים מרכזיים: גל הדף בעוצמות לא מבטלות ורסיסים של ראשי קרב שונים, בדגש על פצצות אוויר. פגיעות אלה בקיר המרחב המוגן יוצרות גלי לחץ חזקים ומהירים מאוד המתקדמים לעבר פניו הפנימיים. עם הגעתם הופכים הגלים לגלי מתיחה בעלי פוטנציאל העפה של חלקי קיר שאינם מחוברים כראוי. מובן שדווקא שם, בפני הקיר, ישנם תנאי שפה שבהם חוזק הבטון קטן יותר ביחס לחוזק הבטון הפנימי, ה"עטוף" בכל עבריו, ולכן פוטנציאל העפת הרגמות גדל.

חשוב להדגיש כי תופעת השיחוי מתרחשת גם כאשר לא נוצרת פריצה מלאה בקיר, והיא עלולה להיווצר בקיר בטון עם או בלי תגמיר על גביו. (התמודדות עם תופעה זו בבטון מושגת על ידי ציפוף רשת הזיון הפנימית לגודל עינה של 10x10 סמ"ר ובכך הקטנת גודל הרגמות ופוטנציאל הנזק שלהן).



תמונה מס' 2 - שיחוי בפניו האחוריים של קיר בטון (לא של מרחב מוגן)

כעת, אם נוסיף על פני הבטון שכבה נוספת, של תגמיר, נקבל תוספת סיכון של רגמות מהתגמיר עצמו, וזאת מכמה סיבות:

- התגמיר עצמו חלש יותר מבטון בדרך כלל (וזאת כדי להשיג את התכונות הפונקציונליות של בידוד, גימור חלק וכדומה) ונוח יותר לייצר רגמות.
- נוצרת שכבה חלשה בחיבור שבין התגמיר לקיר הבטון.
- התגמיר עצמו בנוי לרוב ממספר שכבות (למשל טיח בכמה שכבות) שהקשר ביניהן חלש לרוב אף יותר מהשכבות עצמן.

חלק א - רקע

מרחבים מוגנים

מרחבים מוגנים נבנים בישראל בהנחיית פיקוד העורף מתחילת שנות ה-90, כתפיסה חדשה המחליפה את בניית המחסות והמקלטים הקולקטיביים. תפיסה זו הותאמה לאיומים החדשים, הכוללים גם טילי קרקע-קרקע עם זמן התראה קצר, וכן איומים לא קונבנציונאליים.

העקרונות העומדים בבסיס המרחב המוגן הם:

- מיגון כנגד איומים קונבנציונאליים ולא קונבנציונאליים באמצעות מעטפת בטון ופתחים הניתנים לאטימה.
- בניית המרחב המוגן בדירת החוסים או בקומה שהם נמצאים בה מהווה קיצור משך ההגעה אליו.
- יצירת מגדל/מגדלי מרחבים מוגנים, בצורת פירי בטון מוקשחים אשר מחזקים את המבנה כנגד רעידות אדמה וכוחות אופקיים של תחמושת מסוגים שונים.
- יצירת מרחב המתפקד בדרך כלל גם בחיי השגרה ולכן זוכה לרמת תחזוקה נאותה.

כדי לממש את העיקרון האחרון יש לדאוג לכך, שרכיבי המרחב המוגן יתאימו ככל האפשר לשימוש יומיומי וידמו לרכיבים האופייניים לחדרים רגילים, על אף מגבלות המיגון. אחד הרכיבים הנדרשים לשם כך הוא תגמיר נאות לקירות המרחב המוגן.



תמונה מס' 1 - תכנון קומה לדוגמה, הכוללת מרחבים מוגנים דירתיים

תגמירים במרחבים מוגנים - הצורך אל מול פוטנציאל הסיכון

א. הצורך

טיח או כל תגמיר אחר במבנה הוא צורך בסיסי, המיושם מאות ואלפי שנים ובא לענות על מספר דרישות, כגון: בידוד תרמי ואקוסטי, התמודדות עם לחות, "החלקת" מעטפת הבנייה העיקרית, שהיא בעלת גימור גס בדרך כלל, ויצירת גימור דקורטיבי שעליו אפשר ליישם צבע, קרמיקה וכדומה.

¹ תופעת השיחוי (spalling) - תופעה שבה נגרמת העפת רגמות (debris) מפני הקיר הפנימיים, שאינם בצד הפיצוץ, אל תוך פנים המבנה. [זהו המונח המקובל במקצוע. לפי האקדמיה ללשון העברית, המונח המתאים הוא "התנתזות"].



חלק ב - התקינה הקיימת

לאחר המעבר ממקלטים למרחבים מוגנים, עם מתן ההנחיות וכתובת התקנות לבניית מרחבים מוגנים, נותרה בעינה ההנחיה שהיתה נהוגה במקלטים, לפיה עובי התגמיר לא יהיה גדול משכבת "בגר" בעובי 2 מ"מ.

הנחיה זו, שלא הפריעה מאוד לשימוש הלא קבוע והציבורי בדרך כלל במקלטים, יצרה מגבלה על המרחבים המוגנים, שהשימוש בהם הוא לרוב על בסיס יומיומי ופרטי-משפחתי.

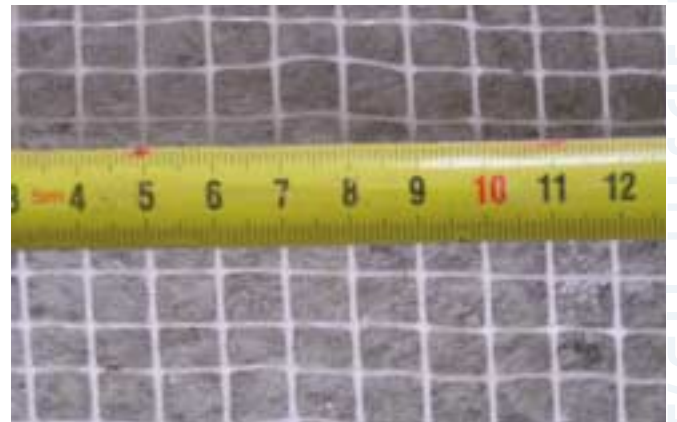
לאור זאת, ומתוך מגמה להביא את המרחב המוגן למצב שידמה לחדר רגיל ככל האפשר, בחן פיקוד העורף במסגרת ניסויי פיצוץ במהלך שנות התשעים יישום תגמירים מסוגים שונים על הקירות הפנימיים של המרחבים המוגנים.

תוצאות ניסויים אלה הראו, כי בהתאם לציפיות, התגמירים אכן יצרו נזק נוסף, אך כזה שהיה מוגבל בהיקפו. לכן נפתח פתח לשיקול דעת נוסף, שאפשר בסופו של דבר את יישומם במרחבים מוגנים.

כדי להתיר מצד אחד שימוש בתגמירים, אך להגביל מצד שני את הנזק הפוטנציאלי שלהם, פרסם פיקוד העורף מפרט, אשר על בסיסו, במספר שינויים, פורסמה בשנת 2002 הגרסה הראשונה של התקן הישראלי ת"י 5075 - "מערכות של ציפויים וחיפויים פנימיים במרחבים מוגנים".

המפרט והתקן אפשרו יישום תגמירים אך הגבילוהו למספר שיטות, לחזק מינימלי ולהוספת "פרטים מיוגניים" נוספים. דוגמות לדרישות:

- חוזק הידבקות מזערי לטיח - ההגיון מאחורי דרישה זו הוא ההנחה, שטיח חזק יותר נוה פחות וליצירת רגמות ולכן מסוכן פחות. יחד עם זאת ייתכן מצב, שבו העלאת חוזק הטיח תגרום דווקא לפריכותו וליצירת רגמות מסוכנות יותר.
- רשת שריון - הוכנסה דרישה לרשת שריון עשויה סיבי זכוכית בפני הטיח הפנימיים, מתוך כוונה ליצור פיזור מאמצים בשכבה זו שבה עלול להתפתח השיחון ולבלום רגמות שנוצרו למרות זאת.
- הרחקת חיפוי גבס מפני הקיר - נועדה לאפשר לקיר הבטון להתמודד "לבד" בספיגת אנרגיית הפיצוץ ולא להעבירה ישירות לחיפוי הגבס. חיפוי הגבס עשוי אף לבלום רגמות בטון בשיטה זו.
- קביעת צפיפות מזערית לבורגי עיגון ולפרופילי פלדה בחיפוי לוחות גבס - נועדה לחזק את הקשר בין שכבת הבטון ושכבת החיפוי ולהקטין את היווצרות הרגמות הפוטנציאלית.



תמונה מס' 3 - רשת שריון למרחב מוגן כפי שנדרש בתקן (בגרסתו הראשונה)

עיקרי דרישות התקן בגרסתו הראשונה

- טיח רטוב : טיח צמנט, טיח גבס וטיח תרמי.
- דרישות מקדימות: עמידה בדרישות התקן הישראלי ת"י 1920 על חלקיו (טיח "רגיל", לאו דווקא למרחבים מוגנים), דרישות לתגובות בשרפה ודרישות תרמויות של טיח תרמי.
- מבנה מערכת השכבות ועובי מרבי:
 - 2 ס"מ בטיח צמנט ובטיח גבס, ורשת שריון במרחק הקטן מ-7 מ"מ מפני הטיח;
 - 6.5 ס"מ בטיח תרמי על פי המבנה הבא : שכבת הרבצה, שכבה תרמית, רשת שריון מוטבעת בשכבה התרמית ושכבת גמר מטיח צמנט או טיח גבס.

- תוספת רשת שריון בטיח שעוביו גדול מ-7 מ"מ.

חוזק הידבקות גבוה ודרישות נוספות, המרוכזות בטבלה שבתמונה מס' 4:

חוזק הידבקות	חוזק חידוש	גובה חידוש	רשת שריון			סוג חידוש	חידוש
			סוג	כמות	מרחק		
2	10	10	רשת	100-140	10	טיח	טיח
3	10	10	רשת	100-140	10	טיח	טיח
4	10	10	רשת	100-140	10	טיח	טיח
5	10	10	רשת	100-140	10	טיח	טיח

תמונה מס' 4

חיפוי בלוחות גבס

- חיפוי בלוחות גבס לפני יציקת הבטון:
 - המרחק בין הפרופילים עד 50 ס"מ.
 - המרחק בין הברגים עד 25 ס"מ.
- חיפוי בלוחות גבס לאחר יציקת הבטון:
 - הדרישה המרכזית היא יצירת מרחק של 1 ס"מ בין מערכת החיפוי ובין הקיר.
 - השענת כל לוח על שלושה זקפים לפחות.
 - מרחק בין זקפים שאינו גדול מ- 40.5 ס"מ.
 - התקנת מסילות תחתונות ועליונות באמצעות ברגים שהמרחק ביניהם אינו גדול מ- 40.5 ס"מ.
 - מרחק בין ברגים על גבי הפרופילים שאינו גדול מ- 40.5 ס"מ.
- מספר הבדיקות הנדרש בהתאם למספר המרחבים המוגנים מובא בטבלה שבתמונה מס' 5:

בחינת



תמונה מס' 6 - קוביות בטון המדמות מרחב מוגן דירתי מונחות בזירת פיצוץ מעגלית

מספר נקודות חבדיקה בכל מרחב מוגן	מספר המרחבים המוגנים הנבדקים	מספר המרחבים המוגנים בפרייקט
3, בטני קירות למחות	1	2-1
9, אך לא יותר מ-3 נקודות בדיקה לקיר אחד	1	5-3
	2	24-6
	3	50-25
	4	75-51
	5 + 1 נוסף לכל 25 מרחבים מוגנים נוספים	יותר מ-75

תמונה מס' 5

בחינת תגמירים ברסס

תגמירים מסוגים שונים יושמו על גבי קירות בטון בעובי 30 ס"מ, אשר הועמדו מול פצצות הקרטריון, המייצרות רסס רב יחסית.

קירות בטון בעובי זה כשלעצמם היו צפויים מראש להיחדר וליצור שיחון רב, ללא קשר לתגמיר המיושם עליהם. מטרת הבחינה היתה לבדוק, האם הטיח המיושם יוצר סיכון יתר כאשר הוא ניתק מהקיר, או יוצר רגמות גם בשטחים שבהם פניו האחוריים של קיר הבטון עצמו לא נפגעו. מקומות שהיה בהם שיחון בקיר הבטון עצמו יחד עם התגמיר לא השפיעו באופן ישיר על הסקת המסקנות.

עובי הקיר נקבע לפי ניסיון קודם, באופן שמצד אחד הקיר לא ייהרס לגמרי מהרסס הצפוי וכך לא תתאפשר למידה, אך מצד שני יהיה כזה שיווצר שיחון-מה גם בשכבת הבטון עצמה. קיר זה לא היה אמור לדמות מראש את עובי קיר המרחב המוגן החיצוני המזערי - 25 ס"מ - אלא רק ללמד על התופעות המתקבלות.

גם כאן התקבלה שונות רבה בתוצאות חוזק הידבקות התגמירים, אולם הן נעו סביב הנדרש בתקן ולעיתים אף למעלה מכך.

ניסוי "שיח גפן" I

מתווה ועקרונות הניסוי:

נבנו 6 קוביות כמתואר לעיל, והן הונחו בזירה מעגלית על גבי יסודות בטון היקפיים עם חיפוי פלסת פלדה, אשר מנעו למעשה תזוזה אופקית שלהן כתוצאה מגל ההדף. תזוזה כזאת היתה עלולה לספוג חלק לא מבוטל מהאנרגיה הכללית המשפיעה על הקוביה, להפחית את כמות האנרגיה המופנית לנזק הישיר של הקירות והתגמירים ולעוות למעשה את תוצאות הניסוי. לאחר כל פיצוץ הורמו הקוביות והונחו שוב כך, שקיר חדש הועמד לבחינה בחזית הפיצוץ.

4 זוגות קירות עם תגמירים מסוגים שונים הונחו לבחינת רסס במרחק זהה מפצצות שוכבות. הפצצות הונחו באופן כזה שתיצורנה אלומת רסס צפופה על הקירות הנבחנים.

התגמירים הרטובים יושמו בקוביות ועל גבי הקירות לרסס על פי דרישות התקן, למעט סטיות שהתקבלו לעיתים בחוזק הידבקות, ולעיתים ללא הרשת הנדרשת, וזאת למטרת בחינת יעילותה.

חיפויי הגבס הותקנו לפי דרישות התקן, אולם ללא הרווח הנדרש בו בין מערכת החיפויים ובין קיר הבטון.

כמוכן, נעשה שימוש בסוג נפוץ יותר של פרופילים מזה הנדרש בתקן. הודבקו אריחי קרמיקה במידות 20 x 20 סמ"ר ו-30 x 30 סמ"ר העומדים בדרישות התקן הישראלי ת"י 314, וזאת כדי למצוא פתרונות היגיניים למוסדות בריאות, מוסדות סיעודיים וכדומה.

הצגת תעודות בדיקה של מעבדה מוסמכת ומאושרת, המעידות על התאמה לתקן על בסיס מנת בדיקות בהתאם לטבלה שלעיל, היא תנאי הכרחי לאישור טופס אכלוס פרויקט בנייה.

חלק ג - סדרת ניסויי "שיח גפן"

כאמור לעיל, הוחלט לאפשר יישום תגמירים במרחבים מוגנים, אולם נותרו עדיין פערי מידע גדולים בנושאים רבים. לכן החליט פיקוד העורף לערוך מחקר מקיף במסגרת ניסויי "שיח גפן" בשנים 2003, 2004 ו-2005. בניסויים נבחנו נושאים מגוונים הקשורים למיגון עורף מדינת ישראל, והשתתפו בהם גורמים רבים מישראל, מארה"ב ומאנגליה.

לצורך השלמת פערי המידע נכללו בניסויים אלה בחינות הן לקביעת המיגון המיטבי לאוכלוסייה ולהקטנת הפגיעות הצפויה במרחב המוגן והן לרידוד דרישות שאין בהן צורך מיגוני מובהק, ועל ידי כך הוזלת הבנייה או הגדלת השטח הפנוי למחיה במרחב המוגן.

ניסויי פיקוד העורף מאופיינים בקביעת רמת קרטריון עקבית ואחידה, הן לצורך בחינה אובייקטיבית והן לבחינה השוואתית ושוויונית בין שיטות שונות ומוצרים שונים.

בניגוד למבנים מוגנים אחרים המיועדים להגן מפני איומים שונים על אוכלוסיות ייחודיות, הדרישות במרחב המוגן הן כי ברמת קרטריון האיום שנקבע על ידי פיקוד העורף, הנזק המתקבל יהיה רחוק מאוד מסף ההיפגעות של אדם הן כתוצאה מהדף והן בשל העפת רגמות.

תיאור בחינת תגמירים בהדף

התגמירים יושמו (טיח רטוב) והותקנו (חיפוי גבס) על גבי קירות בעובי 25 ס"מ ו-30 ס"מ של קוביות בטון אשר ייצגו מרחבים מוגנים. במרבית הקירות היו חלונות מסוגים שונים אשר נבחנו כשלעצמם, ועל חלק מהם הותקנו בנוסף גם מערכות אוורור וסינון, מדפים, כיורים ואביזרים שונים, גם הם לבחינה.

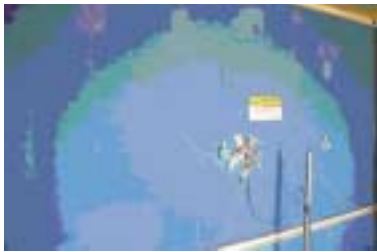
קוביות אלו הועמדו במרחק קבוע ממטען במשקל קבוע, המייצג את קרטריון האיום.

תגמירים נוספים יושמו על גבי קירות של מרחבים מוגנים מוסדיים, אשר היו חלק ממבנה ניסויים בן שלוש קומות שנבנה בשטח הניסויים.

התקבלה שונות רבה בתוצאות חוזק הידבקות התגמירים, אולם הן נעו סביב הנדרש בתקן ולעיתים אף למעלה מכך.



תמונה מס' 9 - אריחי קרמיקה בהשפעת הדף



תמונה מס' 10 - קיר מחופה גבס בהשפעת הדף

ניסוי "שיח גפן" II

מתווה ועקרונות הניסוי:

כדי למצוא שיטות אחרות שימנעו את הכשלים בטיח הרטוב כפי שהתגלו בניסוי "שיח גפן" I, פותחו בסיוע מכון התקנים ותעשיית הטיח הישראלית, ובלייווי חברי ועדת המומחים של מכון התקנים לנושא זה, 3 שיטות חליפיות לטיח התרמי כפי שנדרש אז בתקן הישראלי. שיטות אלו שונות ביניהן במבנה השכבות, כמפורט להלן:

שיטה א - כנדרש בתקן, אולם ללא רשת השריון.

שיטה ב - כנדרש בתקן, אולם רשת השריון בתוך שכבת הצמנט ולא בינה ובין השכבה התרמית.

שיטה ג - כנדרש בתקן, למעט העתקת הרשת לתוך שכבת "בגר" או "שליכט" בעובי של כ-3 מ"מ שהוספה על גבי שכבת הגמר.

בניסוי זה נעשה שימוש ברשתות גמישות יותר ובעלות גודל עינה קטן יותר ביחס לנדרש בתקן ולמה שנבחן בניסוי הקודם.

מבין סוגי הטיח הרטובים התמקד ניסוי זה רק בטיח התרמי כמודל לשאר סוגי הטיח, בשל היותו העבה ביותר (ולכן כנראה מסוכן יותר) והנפוץ ביותר בקירות חיצוניים.

במרכז ניסוי זה הוקם מבנה ניסויים בן 3 קומות, שנועד לבחינת נושאים רבים אחרים בתחום המיגון. בנוסף, נבנו 2 קוביות כמתואר לעיל (ניסוי "שיח גפן" I), שהונחו בכל פעם בזירה חדשה, אשר כללה חזית אחרת של המבנה המרכזי. הקוביות הונחו גם כאן על גבי יסודות בטון היקפיים עם חיפוי פלדת פלדה, אשר מנעו למעשה תזוזה אופקית שלהן כתוצאה מגל ההדף.

בסך הכל סוגי התגמירים שהועמדו לבחינה היו למעשה אלה המצוינים בתקן, בשינויים קלים, וכללו: טיח צמנט עם רשת, טיח צמנט ללא רשת, טיח גבס, טיח תרמי, חיפוי גבס לפני יציקת הבטון, חיפוי גבס לאחר יציקת הבטון, תקרות אקוסטיות (אשר לא יידונו במאמר זה) ואריחי קרמיקה.

תוצאות הפיצוץ

● ההדף הממוצע שהתקבל על פני הקירות החיצוניים של הקוביות היה:

● אימפולס: 772 PSI x MS

● שיא הלחץ: 309 PSI

'תמונת' הרסם שהתקבלה היתה אופיינית ואפשרה את לימוד התופעות במידה רבה. לא נמדד הדף בניסוי הרסם, בשל היותו תופעה משנית בפיצוץ זה ובשל חשש להיפגעות המדידים.

הנוק לתגמירים

במרבית התגמירים הרטובים עם רשת השריון נוצרו מכתשי שיחון בעומק שהגיע עד פני הרשת. לעומת זאת, בתגמירים רטובים ללא רשת לא היה כמעט שיחון, או שהיה שיחון דל מאוד.

בשתי המטרות שהועמדו בניסוי הרסם עם טיח צמנט הכולל רשת, שכבת הטיח ניתקה לגמרי - כיחידה אחת ולכל עובייה ושטחה - מקיר הבטון, ונפלה ארצה, כך שנחשפו פני הבטון בכל שטח המטרה.

חיפוי גבס בשתי השיטות וללא הרווח הנדרש בתקן מקיר הבטון, עמדו בצורה טובה בהשפעת ההדף ולא יצרו שיחון כלל.

שברים מסוכנים מאריחי קרמיקה ואריחי קרמיקה שלמים משני הגדלים הועפו לתוך קוביות הבטון.



תמונה מס' 7 - שיחון טיח ממישור הרשת בהשפעת הדף



תמונה מס' 8 - העפת כל שכבת טיח הצמנט לרגלי המטרה בהשפעת רסם

כאן המקום להדגיש, כי תוצאות אלה התקבלו על אף שרמת ההדף הפוגע היתה גבוהה במידה רבה מההדף שהתקבל בניסוי הקודם (השווה לעיל).

ניסוי הרס הראו תוצאות המניחות את הדעת והמאפשרות אישור חיפוי גבס לאחר היציקה ללא הרווח הנדרש בתקן. שיטת חיפוי הגבס לפני היציקה הראתה גם היא תוצאות מצוינות, ונראה כי חיפוי הגבס אף העלה את ערכו המיגוני הכולל של הקיר בכך שמנע חלק משיחון הבטון הצפוי בניסוי הרס.



תמונה מס' 11 - מבנה הניסויים המרכזי, מבט לחזית המרחב המוגן המוסדי

חיפוי גבס לאחר היציקה וטיח תרמי המיושם בשיטה א' לעיל יושמו גם על קירות המרחבים המוגנים המוסדיים (ממ"מים) שהיו במבנה הניסויים המרכזי, וזאת כדי לבחון התנהגותם על גבי קירות ארוכים יותר, 6.0 מ', בעלי מפתח גדול יותר מקירות מרחב מוגן דירתי (ולכן אולי חלשים יותר).

6 קירות לבחינת רסס עם תגמירים מסוגים שונים הונחו בצורה מעגלית במרחק זהה מפצצה אחת, אשר הפעם הועמדה, כך שנוצר "חיסכון" במספר הפיצוצים. הפצצה הועמדה באופן מוגבה כך שתיצור אלומת רסס צפופה במרכז הקירות הנבחנים.

לקירות בניסוי זה נוספה קורה היקפית, אשר דימתה תחילתם של תקרה וקירות ניצבים והקטינה השפעת תנאי שפה.

גם כאן הותקנו חיפויי הגבס לפי דרישות התקן אולם ללא הרווח הנדרש בין מערכת החיפוי ובין קיר הבטון, וכן נעשה שימוש בסוג נפוץ יותר של פרופילים.

תוצאות הפיצוץ

ההדף הממוצע שהתקבל על פני הקירות החיצוניים של הקוביות והמבנה היה:

- אימפולס: 713 PSI x MS במרחב המוגן המוסדי (מבנה) ו-897 PSI x MS בקוביות.
- שיא הלחץ: 344 PSI במרחב המוגן המוסדי (מבנה) ו-369 PSI בקוביות.
- גם בניסוי זה 'תמונת' הרסס שהתקבלה היתה אופיינית, ואפשרה את לימוד התופעות במידה רבה.

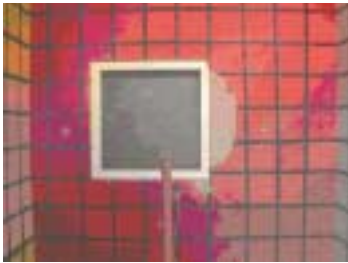


תמונה מס' 12 - 'תמונת' הרסס שהתקבלה בחזית קירות הבטון

הנזק לתגמירים

כל שלוש השיטות שנבחנו הראו תוצאות טובות בסדר גודל מהשיטה המפורטת בתקן אשר נוסתה בניסוי הקודם. הדבר בא לידי ביטוי בשטח הכולל של המכתשים ובעומקם.

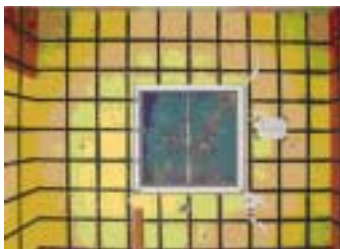
תוצאות



תמונה מס' 13 - טיח מיושם לפי שיטה א בהשפעת הדף



תמונה מס' 14 - טיח מיושם לפי שיטה ב בהשפעת הדף



תמונה מס' 15 - טיח מיושם לפי שיטה ג בהשפעת הדף



הרוויזיה שנערכה בת"י 5075

ועדת המומחים שהכינה רוויזיה זו החלה את עבודתה בעקבות התוצאות הלא משביעות רצון של עמידות התגמירים המפורטים בתקן בניסוי "שיח גפן" I, וסיימה את כתיבתה לאחר צפייה במכלול התוצאות והסקת מסקנות מכל סדרת הניסויים.

להלן מובאים השינויים המרכזיים שבתקן החדש ביחס לתקן הישן:

- מיקום הרשת הועבר לשכבה האחרונה בכל סוגי הטיח הרטובים המאושרים, כאשר עובי הכסוי המותר מעליה לא יהיה גדול מ-2 מ"מ ("בגר").
- עובי מקסימלי של טיח תרמי - 7 ס"מ במקום 6.5 ס"מ, ושל טיח צמנט - 2.5 ס"מ במקום 2 ס"מ.
- חוזק ההידבקות המינימלי בבדיקת טיח תרמי לא יהיה קטן מ-0.15 מגפ"ס (במקום 0.10).
- סוג הרשת הוחלף לרשת עם עינה שגודלה 3 x 3 מ"מ במקום 6 x 6 מ"מ ו-9 x 9 מ"מ.
- חיפוי בלוחות גבס לאחר יציקת הבטון אינו צריך להיות מורחק מקיר הבטון.
- עודכן סוג הפרופיל בחיפוי גבס לפני היציקה.



תמונה מס' 16 - חיפוי גבס המיושם קודם היציקה בהשפעת רסס

ניסוי שיח גפן III

בניסוי זה יושם טיח תרמי בשיטה ג' שלעיל על גבי 4 קירות קוביית בטון. התוצאות חזרו על עצמן ואישרו למעשה את שיטה ג' לעיל כשיטה המיטבית בהיבט המיגוני.

חלק ד - לקחים ומסקנות כבסיס לרוויזיה שנערכה בתקן

לקחים ומסקנות מניסויי "שיח גפן"

טיח רטוב

הרשת שהוכנסה מלכתחילה לטיח הממ"דים לטובת הקטנת השיחון, כאמור לעיל, יצרה לעומת זאת שיחון חלופי של שכבת הגמר שמעליה. נראה כי באופן כללי, בשיטה הקיימת ובתנאי הניסויים כפי שבוצעו, תרומתה הייתה שלילית (כפי שעולה בבירור מהשוואת תוצאות הנזק של טיח צמנט עם ובלי רשת). יחד עם זאת, הרשת היא בכל זאת גורם שעשוי למתן את הנזק בפיצוצים ובמתארים אחרים, ולכן הסרתה לחלוטין אינה רצויה. המסקנה המתבקשת היתה, כי יש להעבירה קרוב ככל האפשר לפני הטיח (שיטה ג' לעיל), כך שאם ייווצר שיחון, הרגמות תהיינה בעובי דק מאוד ובמשקל זניח.

ניתן להניח כי התופעות שנצפו בטיח התרמי יהיו דומות מאוד גם בטיח צמנט ובטיח גבס.

חיפוי גבס לאחר יציקת הבטון

נראה לאחר מספר בחינות בהדף וברסס, כי ניתן לבטל את המרחק הנדרש בין מערכת החיפוי ובין קיר הבטון ובכך להוזיל את השיטה ולהגדיל את השטח הנקי של המרחב המוגן. ייתכן אף שהצמדת החיפוי לקיר מחזקת אותו בשל יצירת נקודות עיגון רבות יותר.

חיפוי גבס לפני יציקת הבטון

שיטה זו עמדה באופן המיטבי בין בניסויי ההדף ובין בניסויי הרסס, ואף תרמה לחיזוק הקיר כאמור. לכן שיטה זו היא המומלצת ביותר ליישום מההיבט המיגוני.

אריחי קרמיקה

אריחי קרמיקה חזקים יותר, עם דבקים משופרים ביחס לעבר, נבחנו שוב, במטרה לאפשר תנאים היגיניים יותר במקומות יחודיים, כאמור לעיל. אולם הנזק הרב שהתקבל אינו מותיר ספק לגבי ההחלטה, ויש למצוא שיטות חלופיות כמענה לצרכים חשובים אלה.



תמונה מס' 17 - רשת שריון למרחב מוגן כפי שנדרש בהצעת הרוויזיה

סיכום

תהליך המחקר שנערך בנושא התגמירים במרחבים מוגנים בשילוב ניסויי פיצוץ ותוך השקעת משאבים רבים, סוכם בשלב זה. הנחלת תוצאות המחקר כהנחיות למשק הבנייה נעשית באמצעות התקינה הישראלית. פיקוד העורף ימשיך לבחון את הנחיותיו למיגון האוכלוסייה באופן שוטף בנושא זה ובנושאים נוספים, בהתאם לצרכים המשתנים ולהתפתחות הטכנולוגית בתחום הבנייה, ותוך שאיפה לשלב כראוי בין צורכי המיגון, נוחות המשתמשים ועלות סבירה.

מכון התקנים הישראלי