Draft SI 2378 part 2 **טיוטה לתקן ישראלי ת"י 2378 חלק 2**

September 2014 ספטמבר 2014

ICS CODE: 91.060.10

91.100.15

קירות מחופים באבן טבעית: קירות מחופים בקיבוע רטוב

Natural stone cladded walls: Walls cladded using the wet fixing method

לביקורת הציבור

מסמך זה הוא הצעה בלבד

מכון התקנים הישראלי
The Standards Institution of Israel

רח' חיים לבנון 42, תל-אביב 69977, טל' 03-6465154, פקס' 03-6412762, www.sii.org.il זג/ דק / 15/09/14

תקן זה הוכן על ידי ועדת המומחים 11016 – חיפוי קיר באבן טבעית: קיבוע ברטוב, בהרכב זה:
עמי בוך, אבי בורשטיין, אריה וישינגרד, איתן פרנקל, ויקטור שטיינברג (יו"ר)

כמו כן תרם להכנת התקן חיים לב.
נורית הולצינגר ונטע צח ריכזו את עבודת הכנת התקן.

טיוטה

הודעה על רוויזיה

תקן ישראלי זה בא במקום
התקן הישראלי ת"י 2378 חלק 2 מדצמבר 2005
גיליון התיקון מס' 1 מדצמבר 2007
גיליון התיקון מס' 2 מיוני 2012

מילות מפתח:

בניינים, קירות, אבן טבעית, חיפוי, קיבוע רטוב.

Descriptors:

buildings, walls, natural stone, cladding, wet fixing.

עדכניות התקן

התקנים הישראליים עומדים לבדיקה מזמן לזמן, ולפחות אחת לחמש שנים, כדי להתאימם להתפתחות המדע והטכנולוגיה.
המשתמשים בתקנים יוודאו שבידיהם המהדורה המעודכנת של התקן על גיליונות התיקון שלו.
מסמך המתפרסם ברשומות כגיליון תיקון, יכול להיות גיליון תיקון נפרד או תיקון המשולב בתקן.

תוקף התקן

תקן ישראלי על עדכוניו נכנס לתוקף החל ממועד פרסומו ברשומות.
יש לבדוק אם התקן רשמי או אם חלקים ממנו רשמיים. תקן רשמי או גיליון תיקון רשמי (במלואם או בחלקם) נכנסים לתוקף 60 יום מפרסום ההודעה ברשומות, אלא אם בהודעה נקבע מועד מאוחר יותר לכניסה לתוקף.

סימון בתו תקן

כל המייצר מוצר, המתאים לדרישות התקנים הישראליים החלים עליו, רשאי, לפי היתר ממכון התקנים הישראלי, לסמנו בתו תקן:



זכויות יוצרים

© אין לצלם, להעתיק או לפרסם, בכל אמצעי שהוא, תקן זה או קטעים ממנו, ללא רשות מראש ובכתב ממכון התקנים הישראלי.

תוכן העניינים

הקדמה 1
מבוא 1
פרק א - עניינים כלליים 1
1.1. חלות התקן 1
1.2. אזכורים 1
1.3. מונחים והגדרות 2
פרק ב - דרישות כלליות 4
1.2 חומרים ורכיבים 4
2.2.פיגומי עבודה 8
פרק ג - דרישות תפקוד 9
1.3. כללי 9
2.3. מראה הקיר המחופה 9
3.3. סטיות מותרות בפני החיפוי 9
4.3. איטום 9
5.3. בידוד תרמי 9
פרק ד - תכנון 9
1.4. כללי 9
2.4. תכנון אדריכלי 14
3.4. תכן הנדסי 14
4.4. קיר הרקע 17
5.4. עיגון רשתות לקיר הרקע 18
6.4. חיבור זוויתנים לקיר הרקע 19
7.4. הכנת האבן לחיפוי 20
8.4. ווים לקיבוע האבן 22
9.4. מישקים 24
10.4. חיפוי פתחים ופינות 25
פרק ה - בדיקות - שיטות ודרישות 29
1.5. כללי 29
2.5. בדיקות באתר לפני תחילת מלאכת החיפוי ובמהלכה 29
נספח א - דוגמה לחישוב כוחות ומאמצים בחיפוי אבן בשיטה הרטובה (למידע בלבד) 32
נספח ב - המלצות למניעת שיתוך הנגרם ממגע בין מתכות (למידע בלבד) 40
נספח ג - סטיות מותרות בפני החיפוי (נורמטיבי) 41
נספח ד - ריכוז הבדיקות הנדרשות במהלך עבודת החיפוי (למידע בלבד) 42

טיוטה

הקדמה

תקן זה הוא חלק מסדרת תקנים החלים על קירות מחופים באבן טבעית.

חלקי הסדרה הם אלה:

ת"י 2378 חלק 1 - קירות מחופים באבן טבעית: אבן טבעית לחיפוי ודרישות כלליות ממערכת החיפוי

ת"י 2378 חלק 2 - קירות מחופים באבן טבעית: קירות מחופים בקיבוע רטוב

ת"י 2378 חלק 3 - קירות מחופים באבן טבעית: קירות מחופים בקיבוע יבש

ת"י 2378 חלק 4 - קירות מחופים באבן טבעית: קירות מחופים בשיטת ההדבקה בשילוב קיבוע מכני

ת"י 2378 חלק 5 - קירות מחופים באבן טבעית: אלמנטים טרומיים מחופים ושיטות חיפוי מתועשות באתר

ת"י 2378 חלק 6 - קירות מחופים באבן טבעית: קירות מחופים בשיטת הקיר הכפול

בתקן זה יש לעיין יחד עם התקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1, שמפורטות בו דרישות עבור האבן לחיפוי ודרישות כלליות לגבי קירות מחופים באבן טבעית.

מבוא

תקן זה נועד לקבוע דרישות עבור מערכות של קירות המחופים באבן טבעית בשיטת הקיבוע הרטוב.
התקן מפרט דרישות והוראות, כגון: דרישות לגבי טיב החומרים, דרישות לתכנון המערכת המוגמרת ותפקודה, והוראות בדבר הבדיקות שיש לערוך למערכת החיפוי המוגמרת.
להבטחת בטיחות מערכת החיפוי מומלץ ששלבי התכנון יכללו מסמכי תכנון עבור מערכת החיפוי.

פרק א - עניינים כלליים

1.1. חלות התקן

תקן זה חל על קירות המחופים באבן טבעית (שחל עליה התקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1) בשיטת הקיבוע הרטוב (להלן: מערכת החיפוי), שבה האבן מחוברת לקיר הרקע באמצעים מכניים, והרווח בין האבן לקיר הרקע ממולא במלט או בבטון.
התקן דן בשתי השיטות העיקריות של קיבוע רטוב: חיפוי בשיטת ההרכבה וחיפוי בשיטת הבנייה.
תקן זה אינו חל על חיפוי באבן טבעית של קירות שגובה החיפוי שלהם קטן מ-120 ס"מ מעל פני הרצפה או מעל פני הקרקע הסופיים.

1.2. אזכורים

תקנים ומסמכים המוזכרים בתקן זה (תקנים ומסמכים לא מתוארכים - מהדורתם האחרונה היא הקובעת):

תקנים ישראליים

ת"י 1 חלק 1 - צמנט: צמנט רגיל

ת"י 2 חלק 1 - שיטות לבדיקת צמנט: קביעת החוזק

ת"י 3 - אגרגאטים מינרליים ממקורות טבעיים

ת"י 26 חלק 4.1 - בדיקות בטון: חוזק הבטון הקשוי – חוזק לחיצה

ת"י 118 - בטון: דרישות, תפקוד וייצור

ת"י 413 - תכן עמידות מבנים ברעידת אדמה

ת"י 414 - עומסים אופייניים במבנים: עומס רוח

ת"י 789 - סטיות בבניינים: סטיות מותרות בעבודות בנייה
ת"י 896 חלק 1 - מוספים לבטון ולדַיִס: מוספים לבטון
ת"י 918 - ציפויי אבץ בטבילה חמה על מוצרי פלדה ועל מוצרי יצקת ברזל
ת"י 921 על חלקיו - תגובות בשרפה של חומרי בנייה
ת"י 1045 על חלקיו - בידוד תרמי של בניינים
ת"י 1139 על חלקיו - פיגומים
ת"י 1229 על חלקיו - פלסטיק מוקצף קשיח לבידוד תרמי
ת"י 1536 - מבנים - חומרי איטום - מיון ודרישות
ת"י 1661 חלק 1 - חומרי מילוי למישקים רגילים בין אריחים: דרישות, מיון וכינוי
ת"י 1920 על חלקיו - טיח
ת"י 2378 חלק 1 - קירות מחופים באבן טבעית: אבן טבעית לחיפוי ודרישות כלליות ממערכת החיפוי
ת"י 4004 על חלקיו - דבקים לאריחים
ת"י 4271 - ציפוי אבץ בשיטת שררד
ת"י 4466 חלק 4 - פלדה לזיון בטון: רשתות מרותכות

חוקים, תקנות ומסמכים ישראליים

תקנות הבטיחות בעבודה (עבודות בנייה) התשמ"ח – 1988 על עדכוניהן
תקנות התכנון והבנייה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות) התש"ל - 1970, על עדכוניהן

תקנים אירופיים

EN 12878 - Pigments for the colouring of building materials based on cement and/or lime - specifications and methods of test

מסמכים זרים

ASTM E 527:2007 - Standard practice for numbering metals and alloys (UNS)
ASTM A240/A240M:2014 - Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications
ASTM A484/A484M:2014 - Standard Specification for General Requirements for Stainless Steel Bars, Billets, and Forgings

1.3. מונחים והגדרות

המונחים וההגדרות שבתקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1 כוחם יפה בתקן זה; נוסף עליהם יפה כוחם של מונחים והגדרות אלה:

1.3.1. בטון למילוי בגב האבן לחיפוי

בטון המשמש למילוי החלל שבין אבן החיפוי לקיר הרקע בשיטת הבנייה.

1.3.2 וו

אלמנט המשמש לחיבור אבן החיפוי לרשת.

1.3.3 חיפוי בקיבוע רטוב

שיטת חיפוי שבה אבני החיפוי מעוגנות לקיר הרקע באמצעים מכניים, והרווח בין קיר הרקע לגב האבן ממולא במלט או בבטון.

1.3.3.1 חיפוי בקיבוע רטוב בשיטת ההרכבה

שיטת חיפוי שבה אבני החיפוי מוצמדות אל קיר הרקע המרוח במלט, תוך חיבורן לקיר הרקע באמצעים מכניים.

1.3.3.2 חיפוי בקיבוע רטוב בשיטת הבנייה

שיטת חיפוי שבה אבני החיפוי נבנות בנדבכים ומחוברות אל קיר הרקע באמצעים מכניים, תוך השארת רווח ביניהן ובין קיר הרקע, שלתוכו נוצק לאחר מכן בטון.

1.3.4 מלט (mortar)

תערובת של חומרי מליטה, אגרגאטים דקים ומים, עם מוספים או בלעדיהם.

1.3.5 מלט להרכבה ולבנייה ("טיט")

מלט המשמש להצמדת האבן אל קיר הרקע בשיטת ההרכבה, ולמילוי מישקים בעת בניית קיר האבן בנדבכים בשיטת הבנייה.

1.3.6 מלט לכיחול ("כוחלה")

מלט המשמש למילוי חיצוני וסופי של המישקים לאחר התקנת האבן על הקיר.

1.3.7 מערכת חיפוי

מערכת הכוללת את המרכיבים הבאים או חלקם: האבן, השכבה המקשרת, המלט לבניה ולהרכבה, הבטון למילוי בגב האבן, הרשתות לעיגון (סעיפים 2.1.2 - 2.1.3), האבזרים לקיבוע (סעיף 2.1.4), המלט לכיחול וחומרי האיטום למישקי התפשטות.

1.3.8 מפרט טכני

מפרט שנערך ואושר לביצוע בהתאם לתכנון האדריכלי או ההנדסי ושעל פיו מתקינים את מערכת החיפוי.

1.3.9 מערכת בקרת איכות

מערכת המבקרת את ביצוע החיפוי בהתאם להוראות התקן, לתוכניות הביצוע, למפרט הטכני ובהתאם לתכנון ההנדסי.

1.3.10 מלט יבש מוכן מראש

תערובת יבשה שמכינים אותה במפעל ומביאים אותה לאתר הבנייה באריזה סגורה היטב או בצובר. באתר הבנייה מוסיפים מים בלבד.

1.3.11 עוגן

בורג ומיתד[1]. המיתד משמש לקביעת הבורג בקיר.

1.3.12 קיר רקע

הקיר שאליו מחברים את האבן.

1.3.13 שכבה מקשרת

שכבת מלט דקה בתוספת מוספים, או שכבת דבק, הנמרחת בגב האבן ומשמשת לשיפור החיבור בין האבן לבין שכבת המלט שאליה מצמידים את גב האבן בשיטת ההרכבה.

---

[1] מיתד מכונה בפי בעלי המקצוע "דִיבֶּל".

1.3.14. תוכניות ביצוע

תוכניות שאושרו לביצוע בהתאם לתכנון האדריכלי או ההנדסי ושעל פיהן מתקינים את מערכת החיפוי.

פרק ב - דרישות כלליות

2.1 חומרים ורכיבים

2.1.1 האבן לחיפוי

האבן לחיפוי תתאים לדרישות בתקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1.

2.1.1.1 מידות האבן

א. בחיפוי בשיטת ההרכבה:

- עובי מינימלי: 30 מ"מ;
- שטח מקסימלי: 0.35 מ"ר;
- אורך צלע מקסימלי: 800 מ"מ.

הערה:

מותר להשתמש באבן בעובי מינימלי של 22 מ"מ בהתאם לתכנון ההנדסי ורק בתנאי שגובה החיפוי אינו גדול מ-18 מ'. בכל מקרה, עובי האבן בשורה הראשונה בכל קומה או בשורה הראשונה מעל פתחים לא יהיה קטן מ-30 מ"מ.

ב. בחיפוי בשיטת הבנייה:

- גובה מקסימלי: 300 מ"מ;
- עובי מינימלי: 40 מ"מ.

הערה:

בחיפוי בשיטת הבנייה מותר להשתמש באבן שגובהה גדול יותר מהמפורט לעיל בהתאם לתכנון ההנדסי, בתנאי שיוגדלו עובי האבן ומספר הווים המחברים את האבן, ובתנאי שיינקטו אמצעים להבטחת יציבות האבן בזמן היציקה (ראו סעיף 4.1).

2.1.1.1 סטיות במידות האבן

הסטיות במידות האבן יתאימו לדרישות בתקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1.

נוסף על כך יתאימו הסטיות גם לדרישות אלה:

- הסטייה במידת הרוחב של אבנים מלבניות (מידת הצלע הקצרה) לא תהיה גדולה מ-1± מ"מ;
- הסטייה במידת האורך של אבנים מלבניות (מידת הצלע הארוכה) לא תהיה גדולה מ-2± מ"מ;
- באבנים רבועות, הסטייה במידות הצלעות (בשני הכיוונים) לא תהיה גדולה מ-1± מ"מ.

2.1.2 רשתות פלדה לעיגון

קוטר המוטות שמהם עשויות רשתות פלדה לעיגון לא יהיה קטן מ-4.2 מ"מ, ומידות משבצות הרשת יהיו 100 מ"מ לכל היותר.

הרשתות יתאימו לדרישות אלה:

א. במרחק עד 500 מ' מהים

במערכות חיפוי של בניינים הנמצאים במרחק עד 500 מ' מהים, הרשתות יהיו עשויות פלב"ם 316L[2] או רשתות מפלדה המתאימות לדרישות התקן הישראלי ת"י 4466 חלק 4[3], המגלוונות בטבילה חמה לאחר הריתוך, כמפורט בתקן הישראלי ת"י 918 והצבועות בצבע אפוקסי בתנור; עובי הגלוון יהיה (40-60) מיקרומטר ועובי הצבע יהיה (100-150) מיקרומטר.

ב. בסביבת זיהום (ראו הגדרה בתקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1)

בסביבת זיהום יש לשקול בעת התכנון ההנדסי שימוש ברשתות פלב"ם 316L בהתאם למידת השיתוך שנגרם לבניינים הקיימים בסביבה הסמוכה לאתר.

ג. באזורים אחרים

הרשתות באזורים אחרים יתאימו לדרישות התקן הישראלי ת"י 4466 חלק 4[3], ויהיו עשויות פלדה מגולוונת בטבילה חמה לאחר הריתוך, כמפורט בתקן הישראלי ת"י 918 לפי עובי הפלדה כפי שמצוין בתקן הישראלי ת"י 918. עובי הגלוון יהיה (40-60) מיקרומטר.

2.1.3. רשתות נוספות לעיגון

- במרחק עד 500 מ' מהים אפשר להשתמש ברשתות נוספות עמידות בשיתוך כדוגמת רשתות פיברגלס כל עוד הן עומדות בדרישות המכניות הנדרשות לגבי רשתות פלדה.
- בחיפויים שכוללים שכבת בידוד תרמי חיצונית לא ניתן להשתמש ברשתות המותרות לפי סעיף זה.
- קוטר המוטות לא יהיה קטן מ-6 מ"מ ומידת משבצות הרשת לא יהיו גדולות מ-150 מ"מ.

2.1.4. אבזרי קיבוע

2.1.4.1. ווים לקיבוע האבן

הווים לקיבוע האבן לרשת יהיו עשויים פלב"ם 316, ללא קשר לחומר שהרשת עשויה ממנו.

הערה:

מטרת דרישה זו היא להבטיח את איכות הווים והיא אינה מתחשבת בהמלצה המפורטת בנספח ב בטבלה ב-1, משום שרמת הסיכון לשיתוך שעלול להיגרם ממגע בין הווים לרשת היא נמוכה מאוד.

2.1.4.2. ברגים, מיתדים ודסקות לעיגון הרשת

הברגים והדסקות לעיגון הרשת לקיר יהיו עשויים מפלדה מגולוונת בעובי גלוון 40 מיקרומטר לפחות או שיהיו עשויים מפלב"ם 316.

המיתדים יהיו עשויים פוליאמיד (ניילון) או פלב"ם 316.

2.1.4.3. אבזרי מתכת אחרים

אבזרי מתכת אחרים, כגון זוויתנים והעוגנים המחברים אותם לקיר ועוגנים לקיבוע ישיר של האבן לקיר הרקע, יהיו עשויים אחת המתכות האלה:

א. **במרחק עד 500 מ' מהים**

במערכות חיפוי של בניינים הנמצאים במרחק עד 500 מ' מהים ייעשה שימוש בפלב"ם 316.

ב. **בסביבת זיהום** (ראו הגדרה בתקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1).

---

[2] פלב"ם 316 מכונה בשיטת UNS (Unified Numering System – שיטת המספור המאוחדות): S 31600.

שיטת UNS מפורטת בתקן האמריקני ASTM E 527-2007. פלב"ם 316L היא פלב"ם המיועדת לריתוך.

[3] הרשתות שהתקן הישראלי ת"י 4466 חלק 4 דן בהן מכונות בפי בעלי המקצוע "רשתות לבניין".

בעת התכנון ההנדסי יישקל שימוש באבזרי פלב"ם 316, בהתאם למידת השיתוך שנגרם לבניינים הקיימים בסביבה הסמוכה לאתר.

ג. **באזורים אחרים**

פלדה מגולוונת בטבילה חמה, כמפורט בתקן הישראלי ת"י 918, או פלדה מגולוונת בציפוי אבץ תרמודיפוזי ("שיטת שררד") כמפורט בתקן הישראלי ת"י 4271 בעובי 30 מיקרומטר לפחות לברגים, ובעובי 50 מיקרומטר לפחות לאבזרים אחרים.

2.1.4.4 ציון פרטי אבזרי הקיבוע

התכונות של אבזרי המתכת המפורטים בסעיף 2.1.4, לרבות מידותיהם וסוג המתכת שממנה הם עשויים, יצוינו באחד המסמכים האלה:

- תוכניות הביצוע;
- המפרט הטכני.

2.1.4.5 אימות תכונות אבזרי הקיבוע

לפי דרישות התכנון ההנדסי יאומתו תכונות אבזרי הקיבוע הנדרשות בבדיקה של מעבדה מוסמכת.

2.1.4.6 מניעת שיתוך בין מתכות

אם משתמשים באבזרים עשויים מתכות שונות, יש לוודא שהמגע בין המתכות לא יגרום לשיתוך (ראו נתונים לגבי מתכות נפוצות בנספח ב) למעט בווים לקיבוע האבן.

2.1.5 מלט ובטון

הרכב המלט להרכבה ולבנייה והרכב הבטון למילוי בגב האבן יתאימו לדרישות סעיף 2.1.5.1.

המלט להרכבה ולבנייה יהיה מלט מוכן מראש (מיוצר בתהליך תעשייתי).

חוזק המלט והבטון יתאים לדרישות סעיף 2.1.5.2.

2.1.5.1 הרכב המלט והבטון ומרכיביהם

א. צמנט

הצמנט יהיה צמנט פורטלנד רגיל המתאים לתקן הישראלי ת"י 1 חלק 1.

ייעשה שימוש רק בצמנט שאינו מכיל אפר פחם.

ב. אגרגאטים

האגרגאטים (דקים [חול] וגסים) יתאימו לדרישות התקן הישראלי ת"י 3. להכנת בטון למילוי בגב האבן בשיטת הבנייה, ייעשה שימוש באגרגאט שגודלו 9.5 מ"מ מקס'. הבטון יהיה בעל דרגת סומך S6 (שקיעת הבטון: 141 מ"מ-165 מ"מ) כמפורט בתקן הישראלי ת"י 118, או יותר דליל, כך שימלא היטב את כל החללים בהידוק ידני בלבד ויכסה את הפלדה.

אפשר להשתמש בתערובת המכילה חול מחצבה ומוסף פולימרי לשיפור העבידות (חומרים שאינם תוקפים מתכות), ובלבד שהתערובת מתאימה לשימוש הנדרש לפי הוראות היצרן.

ג. מוספים

המוספים לבטון יתאימו לדרישות התקן הישראלי ת"י 896 חלק 1. אפשר להשתמש במוספים פולימריים לבטון ולמלט, כגון: מוסף אקרילי או גומי סטירן-בוטדיאן (SBR - styrene butadiene rubber), המקנים עבידות ומשפרים את האיטום וההידבקות, ובלבד שלא יפגעו במתכות הבאות איתם במגע ויהיו בעלי תאימות (compatibility) עם השכבות האחרות.

המוספים יתאימו לשימוש המיועד להם לפי הוראות היצרן.

לא ייעשה שימוש בסיד למלט.

ד. פיגמנטים

הפיגמנטים יתאימו לדרישות התקן האירופי EN 12878.

פיגמנטים למלט לכיחול יוספו לפי הוראות היצרן.

2.1.5.2. חוזק המלט והבטון

חוזק המלט וחוזק הבטון יהיו כמפורט בטבלה 1.

טבלה 1 - חוזק לחיצה של מלט ושל בטון

ייעוד המלט או הבטון	**חוזק לחיצה (מינ') (מגפ"ס)**[א]
מלט לבנייה ולהרכבה	20
בטון למילוי בגב האבן בשיטת הבנייה	20
הערה לטבלה: (א) את חוזק הלחיצה של המלט בודקים כמפורט בתקן הישראלי ת"י 2 חלק 1; את חוזק הלחיצה של הבטון בודקים כמפורט בתקן הישראלי ת"י 26 חלק 4.1.	

2.1.6. חומרים דוחי מים או חומרי ציפוי אוטמים

חומרים דוחי מים או חומרי ציפוי אוטמים ("סילרים") יתאימו לדרישות התקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1.

2.1.7. חומרים ורכיבים למילוי ולאיטום של מישקים

2.1.7.1. מלט לכיחול

המלט לכיחול (ראו הגדרה 1.3.6) יהיה תערובת מוכנה מראש על בסיס צמנט, מגוון או לא, שיוסף לה באתר מים או מוסף פולימרי להקטנת הספיגות הקפילרית ולשיפור ההידבקות, לפי הוראות יצרן חומר המילוי.

המלט לכיחול יתאים לדרישות התקן הישראלי ת"י 1661 חלק 1 בנוגע לחומר מילוי צמנטי בעל ספיגות מופחתת, המכונה "חומר מילוי משופר" שסימונו CG2.

בעת הזמנת חומר המילוי יצוין מין האבן שחומר המילוי מיועד לה, רוחב המישקים ותנאי הסביבה. התאמת חומר המילוי לייעודו ואופן השימוש בו יהיו בהתאם להוראות היצרן.

מלט לכיחול דורש אשפרה; האשפרה תיעשה כמפורט בסעיף 4.9.1.

2.1.7.2. חומרי איטום למישקי התפשטות

א. חומרי איטום

מישקי ההתפשטות ייאטמו בחומר איטום גמיש[4] העומד בדרישות התקן הישראלי ת"י 1536 לחומרי איטום המכונים "20LM" או "25LM". המלצות להשמת חומרי האיטום ראו בתקן הישראלי ת"י 1536 נספח ב, טבלה ב-1.

[4] חומר איטום גמיש מכונה בפי בעלי המקצוע "מסטיק".

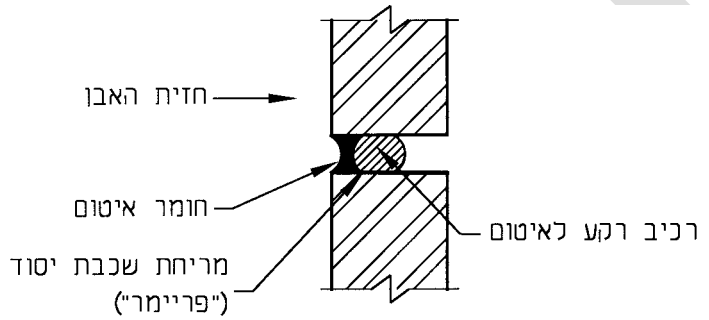
נוסף על הדרישות שלעיל יהיו חומרי האיטום ממין שאינו מכתים את האבן ואינו גורם לה נזק מבחינה כימית וחזותית, ויהיו עמידים בפני עובש, בפני קרינה על-סגולה וכמו כן בפני גורמים סביבתיים אחרים, ככל שיהיו.

ב. רכיבי רקע לחומר האיטום ("פרופיל גיבוי")

רכיבי הרקע לחומרי האיטום במישקי התפשטות יהיו קלים לדחיסה, יתמכו בחומר האיטום ולא יכילו ביטומנים או שומנים. הרכיבים יהיו בעלי חתך עגול ויהיו עשויים חומרים רכים כגון פוליאתילן מוקצף (ראו ציור 1).

ג. שכבת יסוד ("פריימר")

אם נדרש על ידי יצרן חומר האיטום להשתמש בשכבת יסוד לפני השמת יתר הרכיבים של מישק ההתפשטות, יהיה החומר המשמש לשכבת היסוד מסוג שאינו מכתים את האבן.



ציור 1 – מישק התפשטות

.2.1.8 דבק

הדבק יהיה דבק צמנטי המתאים לדרישות סדרת התקנים הישראליים ת"י 4004.

.2.1.9 חומרים לבידוד תרמי

תכונות החומרים לבידוד תרמי יתאימו לדרישות התקנים הישראליים המתאימים, כמפורט להלן:

- סיווג חומרי הבידוד התרמי לפי תגובותיהם בשרפה יתאים לדרישות סדרת התקנים הישראליים ת"י 921.
- חומרי בידוד תרמי מפלסטיק מוקצף קשיח יתאימו לדרישות סדרת התקנים הישראליים ת"י 1229.
- המסה הסגולית המינימלית של חומרי הבידוד התרמי תהיה 30 ק"ג למ"ק.

הערה:

צמר מינרלי אינו מתאים לשימוש במערכת חיפוי בשיטת הקיבוע הרטוב.

2.2 פיגומי עבודה

פיגומי העבודה יעמדו בכל הדרישות של תקנות הבטיחות בעבודה (עבודות בנייה) התשמ"ח – 1988 על עדכוניהן ובדרישות עבור פיגומים לעבודות בנייה המפורטות בסדרת התקנים הישראליים ת"י 1139.

אין לעגן את הפיגומים על ידי קשירתם לאבן החיפוי או דרכה.

הפיגומים יעוגנו באופן ובמקומות כאלה, שלא יפריעו למהלכה התקין של מלאכת החיפוי.

בעת פירוק הפיגומים יושלמו כל פרטי הביצוע בנקודות החיבור והמגע של הפיגומים עם הקיר בדומה לחיפוי שעל כל הקיר, תוך הבטחת האטימות ושאר התכונות הנדרשות מהמערכת.

פרק ג - דרישות תפקוד

3.1 כללי

מערכת החיפוי תעמוד בדרישות התפקוד המפורטות בתקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1.
נוסף על כך תעמוד מערכת החיפוי בדרישות אלה:

3.2 מראה הקיר המחופה

מראה הקיר יתאים למתוכנן בתוכניות האדריכליות ובתוכניות הביצוע ולדוגמת האב טיפוס שאושרה לפני תחילת החיפוי.

3.3 סטיות מותרות בפני החיפוי

הסטיות המקסימליות המותרות בפני החיפוי יהיו כמפורט בנספח ג שבתקן זה.

3.4 איטום

קיר הרקע יהיה אטום לחדירת מים לתוך המבנה, לפני התחלת החיפוי באבן (ראו סעיף 4.4.5).

3.5 בידוד תרמי

מערכת החיפוי תתאים לדרישות סדרת התקנים הישראליים ת"י 1045, לפי ייעוד הבניין. בבניינים שלא חלים עליהם חלקי סדרת התקנים הישראליים ת"י 1045 יתאים הבידוד התרמי לנדרש בתקנות התכנון והבנייה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות) התש"ל - 1970, על עדכוניהן, וגם להוראות המפרט הטכני הנוגעות לבידוד התרמי של הקיר.

פרק ד - תכנון

4.1 כללי

א. בשיטת החיפוי בקיבוע רטוב האבן תחובר לקיר הרקע באמצעות מלט וקיבוע מכני של האבן לקיר.

הערה:
החיבור בין האבן לקיר הרקע באמצעות המלט עלול להינתק במשך הזמן, ועל כן יש צורך גם בקיבוע מכני.

ב. אין לחפות בשיטת הקיבוע הרטוב קירות חוץ שגובה החיפוי שלהם גדול מ-32 מ' מעל פני הקרקע הסופיים. למרות האמור לעיל, בחיפוי שגובהו עד 40 מ' אפשר להשלים את 8 המטרים הנותרים בתנאי שיוסף קיבוע מכני ישיר לקיר הרקע (כגון בורג), ובהתאם לחישוב ההנדסי.

ג. אין לחפות לגובה גדול מ-40 מ' בשיטת הקיבוע הרטוב.

הערה:
בניינים שגובה החיפוי שלהם גדול מ – 40 מ' אפשר לחפות בשיטות חיפוי אחרות המתאימות לחלקי סדרת התקנים הישראליים ת"י 2378.

ד. חיפוי הבניין יחל רק לאחר סיום הקמת שלד הבטון.

מבחינים בין שתי שיטות עיקריות לחיפוי בקיבוע רטוב: שיטת ההרכבה ושיטת הבנייה.
בשתי השיטות מקבעים את האבנים לקיר הרקע באמצעות רשת פלדה ובאמצעות ווים כמפורט בתקן זה.

הערה:
ניתן לקבע את האבנים באמצעים אחרים, כמפורט בסעיף 4.1.3.

שיטת ההרכבה ושיטת הבנייה דומות זו לזו בפרטים אלה:

- הדרישות לגבי קיר הרקע;
- האבנים עומדות על תושבת יציבה (זוויתן או חגורת בטון) שמיקומה נקבע במרווחים לפי המתוכנן;
- האבנים מפולסות על כפיסים ("קלינים") הקובעים את רוחב המישק האופקי;
- האבנים מקובעות אל רשת הפלדה לעיגון באמצעות ווים מפלדה בלתי מחלידה (פלב"ם);
- הרשת מעוגנת אל הקיר.

השיטות נבדלות זו מזו בפרטים אלה:

- בשיטת ההרכבה משתמשים באבנים דקות (ראו סעיף 2.1.1.1 א); בשיטת הבנייה משתמשים באבנים עבות יותר (ראו סעיף 2.1.1.1 ב).
- בשיטת ההרכבה מצמידים את האבנים לקיר המרוח במלט; בשיטת הבנייה מקבעים את האבנים עם רווח בינן לבין הקיר ויוצקים לרווח בטון דליל (בטון למילוי בגב האבן)

4.1.1 שיטת ההרכבה

האבנים לחיפוי בשיטת ההרכבה יהיו לוחות אבן נסורה שמידותיהם מתאימות למפורט בסעיף 2.1.

כל לוח יקובע לקיר הרקע במלט, שיימרח מראש על כל שטח הקיר אליו הלוח יחובר.

עובי המלט לא יהיה קטן מ-30 מ"מ ולא יהיה גדול מ-60 מ"מ.

למרות האמור לעיל, בשטח של עד 5% משטח הקיר אפשר שעובי המלט יהיה 20 מ"מ לפחות מפני השכבה האוטמת (ראו סעיף 4.4.5).

המלט יימרח על גבי קיר הרקע האטום (ראו סעיף 4.4.5). לוחות האבן התחתונים בכל קומה יושענו על זוויתן או על תושבת מבטון.

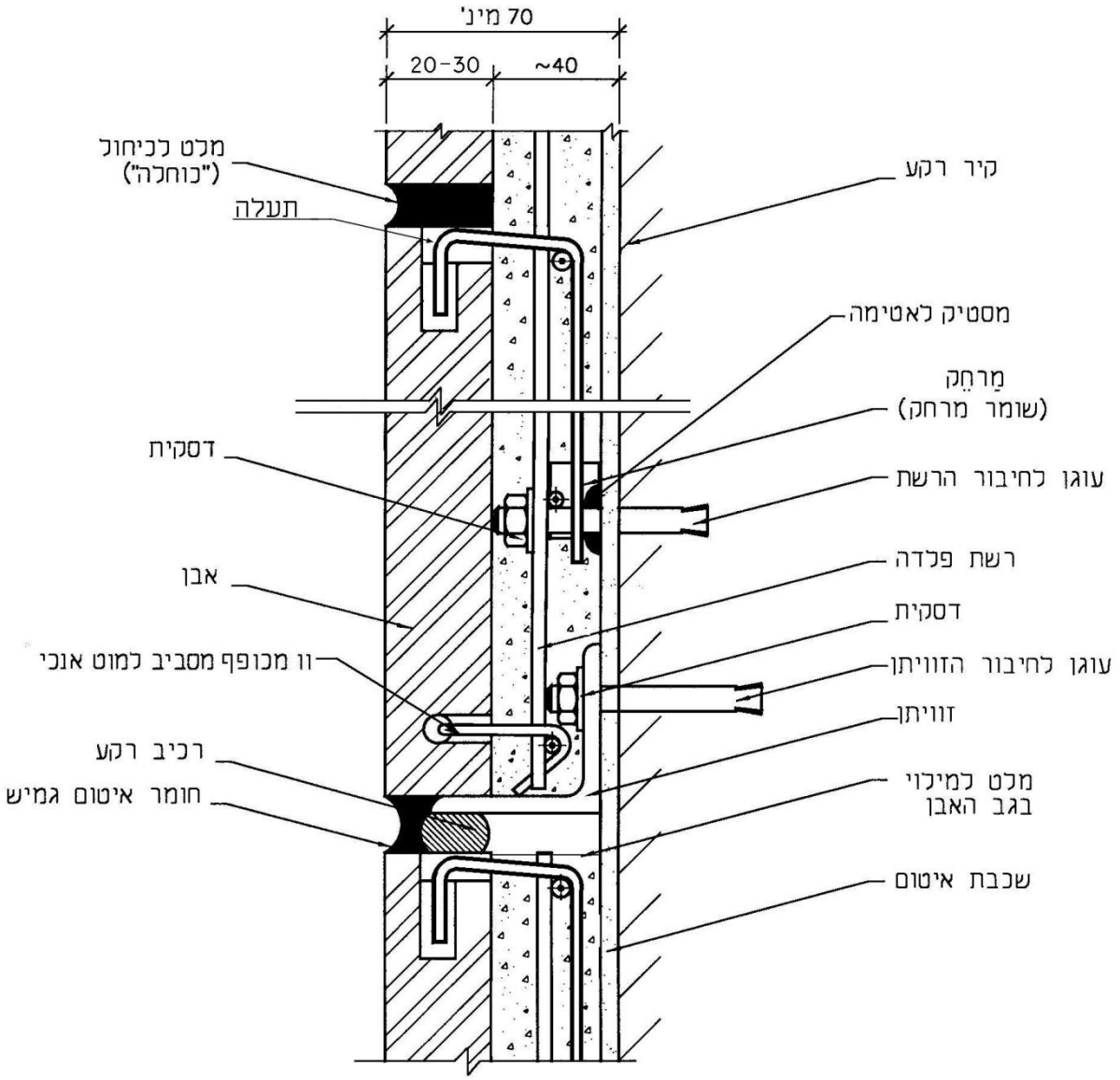
לשיפור החיבור של האבן לשכבת המלט מורחים את גב האבן, ובלוחות אבן המחורצים בגבם (ראו סעיף 4.7.2) מורחים גם את החריצים, בשכבה מקשרת (פריימר צמנטי).

החריצים ימולאו במלואם במלט המתאים לדרישות תקן זה, ולוחות האבן יוצמדו ויהודקו באמצעות מכות פטיש למלט להרכבה שעל קיר הרקע כל עוד שתי השכבות רטובות (טריות)[5].

עובי מערכת החיפוי לא יהיה קטן מ-70 מ"מ (ראו ציור 2).

לאחר הידוק לוח האבן אל המלט ופילוסו, יקובע לוח האבן באמצעות ווים אל רשת פלדה המחוברת לקיר הרקע והנמצאת בין לוח האבן לבין הקיר.

[5] הצמדת לוחות האבן למלט המרוח על קיר הרקע כל עוד שתי השכבות רטובות נעשית בסמוך למריחת גב האבן בשכבה מקשרת, ונקראת בפי בעלי המקצוע "רטוב על רטוב".



ציור 2 - קיבוע רטוב בשיטת ההרכבה

(המידות במילימטרים, הציור אינו מסורטט לפי קנה מידה)

4.1.2 שיטת הבנייה

החיפוי בשיטת הבנייה נבנה נדבך אחר נדבך. מידות האבנים לחיפוי יתאימו למפורט בסעיף 2.1. האבנים יקובעו לקיר הרקע באמצעות רשת ובאמצעות ווים כמו בשיטת ההרכבה (ראו סעיף 4.1.1). מרחק האבן מהקיר יהיה כ-50 מ"מ, כך שעובי מערכת החיפוי כולה יהיה 90 מ"מ - 100 מ"מ[6]. לאחר בניית נדבך אחד לאורך כל הקיר, יקובעו אבני הנדבך בווים לרשת ויציקת הבטון מאחורי האבנים תיעשה לאורך כל הנדבך.

הערה:

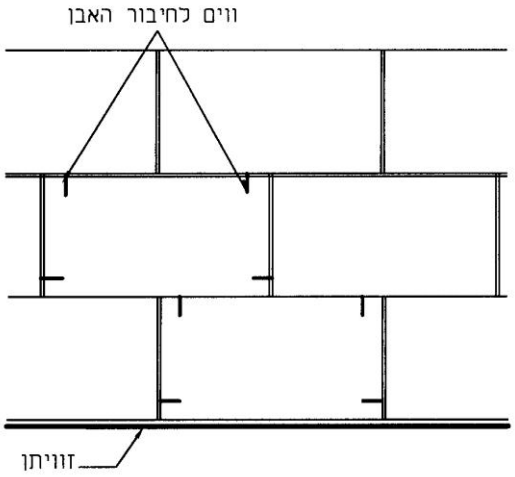
מאחר שהאבן כבדה ונמוכה, אפשר לצקת מאחוריה בטון דליל אשר ימלא היטב את הרווח ויידבק לאבן מבלי להזיז אותה עקב לחץ הבטון.

יציקת הבטון מאחורי הנדבך התחתון תיעשה לגובה 250 מ"מ לכל היותר, בתנאי שיציבות האבן מובטחת כנגד לחץ הבטון הדליל. לאחר התחזקות חלקית של הבטון ייבנה הנדבך הבא, האבנים יקובעו לרשת ויציקת הבטון מאחוריו תיעשה עד לגובה 50 מ"מ מתחת לקצה העליון של האבן (ראו ציור 3).

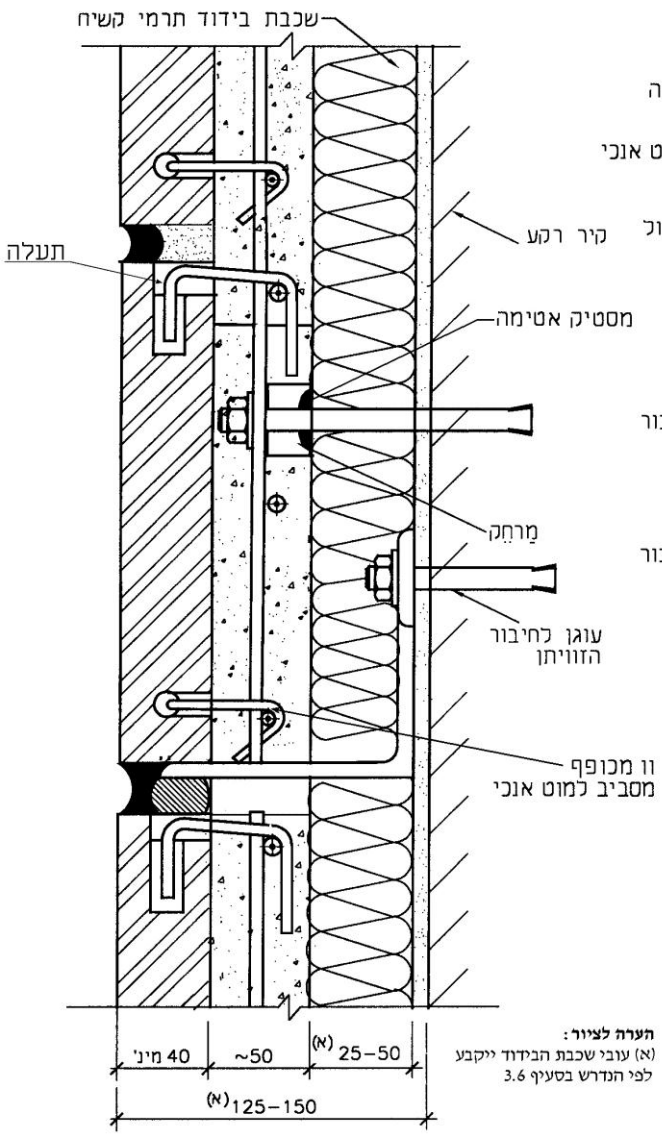
הערה:

אם מציבים את האבנים כך שהצלע הארוכה שלהן בכיוון האנכי, יש להבטיח את יציבותן בזמן יציקת הבטון בגבן, ולהגדיל את עובי שכבת הבטון כדי להבטיח את חדירתו ומילוי יעיל של החלל שבגב האבן.

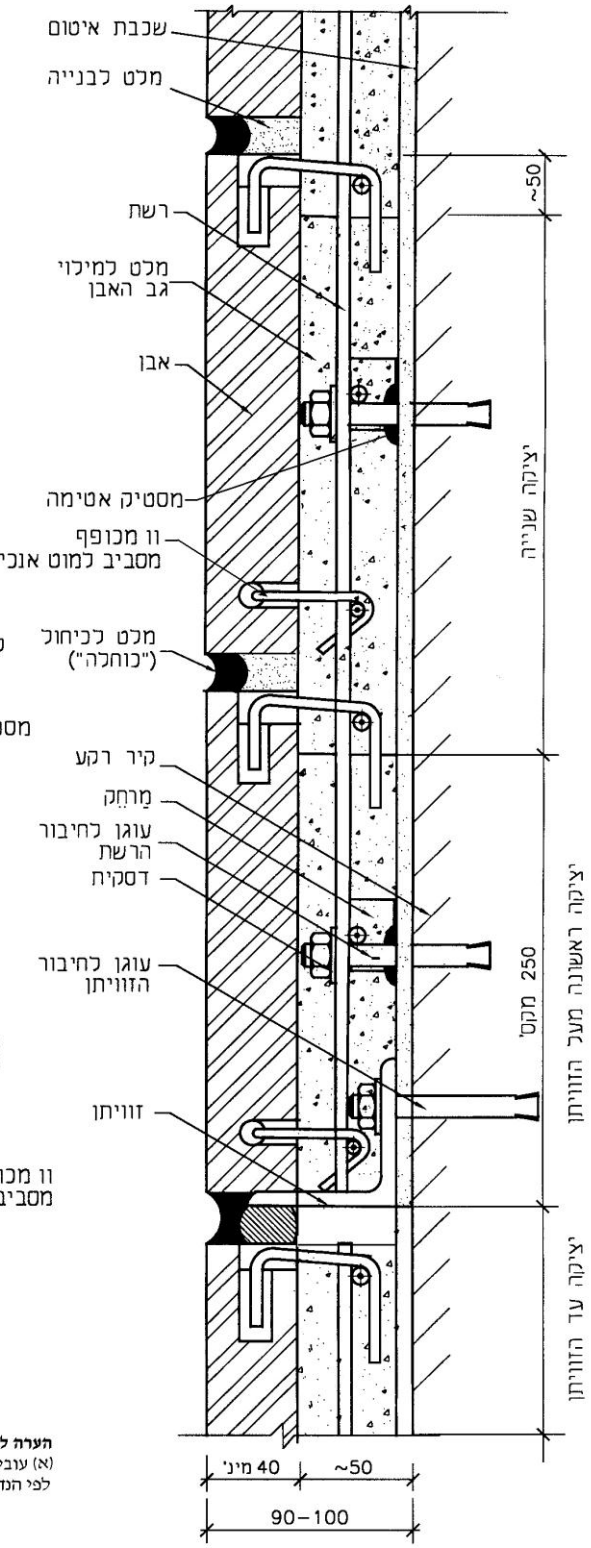
[6] אם נדרשת שכבת בידוד תרמי חיצונית, יש להוסיף את עובייה.



ציור 3ב - חזית



ציור 3ג - חיפוי על גבי שכבת בידוד תרמי חיצונית



ציור 3א - חיפוי ללא שכבת בידוד תרמי חיצונית

ציור 3 – קיבוע רטוב בשיטת הבנייה

4.1.3 קיבוע האבן באמצעים מכניים אחרים

אפשר להשתמש באמצעים מכניים אחרים לקיבוע האבן לקיר הרקע, כגון: מוטות פלדה יחידים, או קיבוע האבן ישירות לקיר הרקע באבזרי פלב"ם 316 או בכל שיטה שקילה, בתנאי שתאושר מבחינה הנדסית ובתנאי שתעמוד בכל דרישות התפקוד ובבדיקות הנדרשות בתקן זה.

4.2 תכנון אדריכלי

בתכנון האדריכלי יובאו בחשבון לפחות הגורמים התכנוניים המפורטים בסעיף הדן בתכנון חיפוי האבן (סעיף 5.1) שבתקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1.

תוכניות הביצוע יכללו את כל הפרטים הדרושים להתקנת מערכת החיפוי.

4.3 תכן הנדסי

לכל חיפוי יוכנו חישובים הנדסיים מיוחדים כמפורט בסעיפים 4.3.1 -4.3.2. תוכניות הביצוע יכללו את פרטי חיבור האבן לקיר הרקע.

כל שינוי במערכת החיפוי, לרבות בקיר הרקע כגון קידוח חורים או חציבת פתחים, ייבדק בבדיקה הנדסית לבחינת השפעת השינוי על יציבות החיפוי, והשינוי יאושר מבחינה הנדסית.

אין צורך בתכן מיוחד ובחישובים מיוחדים עבור פרטי החיפוי, בתנאי שיתקיימו כל התנאים האלה:

- גובה החיפוי אינו גדול מ-12 מ' מעל פני הקרקע;
- מידות האבן לחיפוי מתאימות לנדרש בסעיף 2.1;
- קירות הבניין ישרים והסטייה המקסימלית שלהם מהאנך היא 15 מ"מ לכל גובה הבניין;
- שיטת החיפוי אינה שונה מהמפורט בסעיפים 4.1.1 - 4.1.2 ובהוראות התקן.

4.3.1 קריטריונים לחישוב (ראו נספח א)

1. העומסים הפועלים על האבן:

   א. משקל עצמי;

   ב. עומס רוח ללחיצה וליניקה לפי אזור הקמת הבניין וגובה הבניין, כמפורט בתקן הישראלי ת"י 414.

   הערה:

   יש לשים לב לדרישות התקן הישראלי ת"י 414 להגדלת העומס לאריחי חיפוי בשטח קטן מ-1 מ"ר.

   ג. עומס רעידת אדמה לפי אזור הקמת הבניין, כמפורט בתקן הישראלי ת"י 413.

   ד. מאמצים נוספים הנובעים משינויי טמפרטורה ומהתכווצויות של הבניין, מכפור וכדומה.

2. התושבות:

   המשקל העצמי של האבן יועבר כולו לתושבות בכל קומה. התושבות יכולות להיות עשויות חגורת בטון (זיז) או זוויתן פלדה, או קיבוע ישיר של האבן לקיר הרקע. כאשר התושבת היא זוויתן פלדה היא תחושב לרוחב החתך ולאורכו, ובהתאם ייקבעו גם צפיפות עוגני החיבור לקיר וחוזקם.

3. הווים:

   הווים המקבעים את האבן לרשת יחושבו לכפיפה בהתחשב ביניקת הרוח ובשטח האבן.

4. העוגנים:

   העוגנים המעגנים את הרשת לקיר יחושבו לכוח שליפה אופקי המתאים לשטח היחידה שכל עוגן נושא.

5. הרשת:

גם כשנעשה חישוב מיוחד עבור פרטי החיפוי, אין צורך לחשב את הרשת אם היא מתאימה לדרישות סעיף 2.1.2 ולדרישות סעיף 4.5.

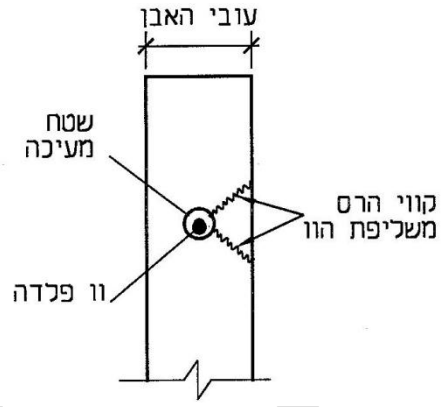
4.3.2 פירוט שלבי החישוב

1. <u>קבלת נתונים על האבן</u>:
   - חוזק הלחיצה של האבן;
   - חוזק הכפיפה של האבן;
   - המשקל הסגולי המרחבי של האבן.
2. <u>קביעת הסכמה הסטטית של האבן ונקודות הקיבוע</u>:
   - לעומסים אופקיים - לפי נקודות האחיזה;
   - לעומסים אנכיים - לפי מיקום תושבת התמיכה הקומתית.
3. <u>קביעת העומסים האופקיים</u>:
   - עומס רוח ללחיצה ולניקה לפי אזור הקמת הבניין וגובה הבניין, כמפורט בתקן הישראלי ת"י 414.

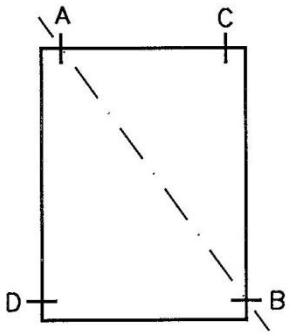
   הערה:
   יש לשים לב לדרישות התקן הישראלי ת"י 414 להגדלת העומס לאריחי חיפוי בשטח קטן מ-1 מ"ר.
   - עומס רעידת אדמה לפי אזור הקמת הבניין, כמפורט בתקן ישראלי ת"י 413.
4. <u>קביעת העומסים האנכיים</u>:
   - משקל האבנים לכל קומה;
   - משקל המלט לכל קומה.
5. <u>חישוב כפיפת האבן</u>:
   - כפיפה סביב הקו המחבר את הסמכים A, B (ראו ציור 4א);
   - כפיפה בניצב לקו AB בציור 4א

   (חישוב מומנט הכפיפה M, מומנט ההתנגדות לכפיפה Z ומאמץ הכפיפה σ).
6. <u>חישוב הכוחות הפועלים על האבן בנקודות האחיזה (ציור 4ב)</u>:
   - הריאקציות;
   - מאמצי ההרס לשליפת הוו בניצב לקיר;
   - מאמצי המעיכה (תוך שימוש במקדם ביטחון 4).
7. <u>חישוב הוו המעגן את האבן</u>:
   - קביעת האקסצנטריות e_1;
   - חישוב המומנט על הוו $M = P e_1$;
   - חישוב מומנט ההתנגדות של הוו $Z = 0.1 d^3$;
   - חישוב המאמץ בפלדה (σ_s): $\sigma_s = \frac{M}{Z} <$ (σ_s מותר).

8. <u>חישוב הרשת המעוגנת לקיר (ציור 4ג), אם אינה מתאימה למפורט בסעיף 4.3.1 סעיף משנה 5</u>:
   - קביעת צפיפות העיגונים לקיר;
   - קביעת סכֵמה סטטית;
   - חישוב כפיפת מוטות הרשת (תוך התחשבות ברצועות).
9. <u>חישוב העוגנים המעוגנים לקיר</u>:
   - חישוב הריאקציות על כל עוגן בהתאם לשטח שהוא נושא ובהתאם ליניקת הרוח;
   - בחירת הדסקית המחברת את הרשת לעוגן;
   - בחירת העוגן מתוך קטלוג היצרן.
10. <u>חישוב עומס אנכי</u> (ציור 4ד):
   - קביעת מיקום תושבת התמיכה הקומתית (כגון: זוויתן, תושבת בטון, או עיגון ישיר של האבן לקיר הרקע);
   - חישוב העומס על כל תושבת G (משקל כל השכבות למעט קיר הרקע);
   - קביעת האקסצנטריות e_2;
   - חישוב המומנט בתושבת $M=G\,e_2$;
   - קביעת מידות התושבת הקומתית.
   - קביעת המרחק בין העוגנים של התושבת, לפי הנדרש.

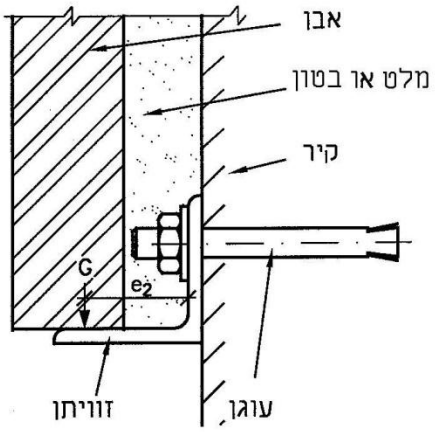


ציור 4ב

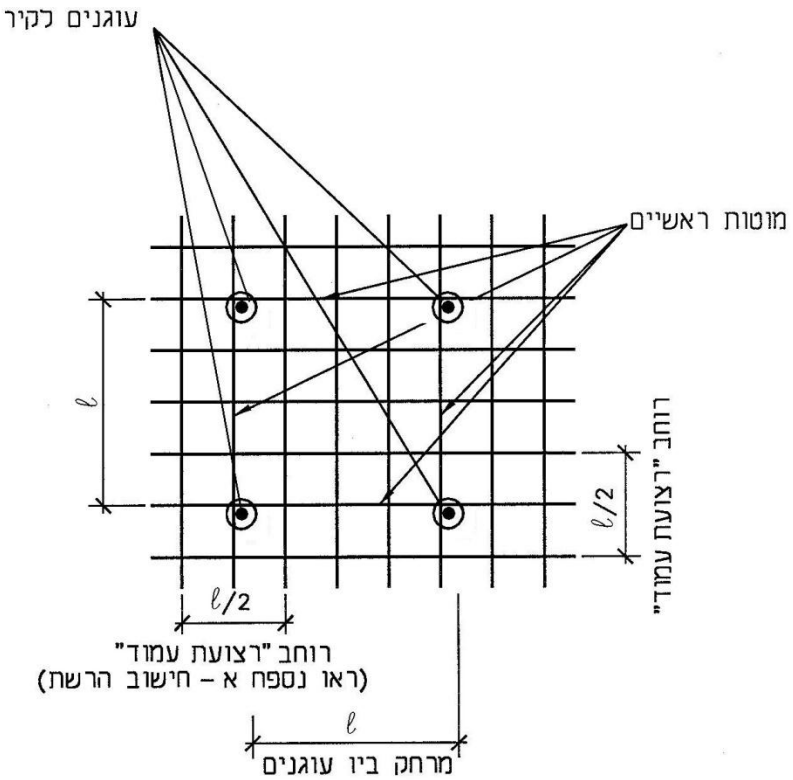


ציור 4א

ציור 4 – פרטים לשלבי החישוב (המשך הציור בעמוד הבא)



ציור 4ד



ציור 4ג

ציור 4 – פרטים לשלבי החישוב

4.4 קיר הרקע

4.4.1 חוזק הקיר

קיר הרקע יהיה כזה, שיהיה אפשר לעגן אליו עוגנים בעלי התנגדות לכוח שליפה של 150 ק"ג לפחות[7], כגון קירות בטון וקירות מבלוקי בטון. המרחק בין העוגנים יהיה כמפורט בסעיף 4.5.

4.4.2 קיר מבלוקים מבטון תאי או מבטון רגיל

קיר מבלוקים מבטון תאי מאושפרים באוטוקלב, או מבלוקי בטון עשויים אגרגאט קל יעמדו בדרישות אלה לפחות:

חוזק הלחיצה של הבלוקים לא יהיה קטן מ-3 מגפ"ס;

העוגנים יחדרו לבלוק לעומק 80 מ"מ לפחות ויהיו בעלי התנגדות לכוח שליפה של 150 ק"ג לפחות[7].

4.4.3 קיר מבלוקי בטון חלולים

אפשר לחפות בשיטת הקיבוע הרטוב קירות רקע מבלוקי בטון חלולים, בתנאי שיוכח בבדיקה במעבדה מוסמכת שהעוגנים המחברים בין הבלוקים ובין הרשת מסוגלים לעמוד בכוח השליפה המפורט בסעיף 4.4.1.

[7] אפשר להשתמש גם בעוגנים בעלי התנגדות נמוכה יותר, לפי חישוב הנדסי, בתנאי שהמרחק בין העוגנים קטן יותר.

4.4.4 סטיות מותרות בקיר הרקע

הסטיות המותרות בקיר הרקע מהמישוריות ומהאנכיות יתאימו לנדרש בתקן הישראלי ת"י 789 עבור עבודת שלד בטון או בני.

בחיפוי בשיטת ההרכבה, אם קיר הרקע בעל סטיות גדולות מהמותר בתקן הישראלי ת"י 789, אשר אינן מאפשרות ביצוע הרכבה עם שכבת מלט אחת, נדרש יישור קיר הרקע עם טיח לפי התקן הישראלי ת"י 1920 על חלקיו.

4.4.5 איטום קיר הרקע

לפני ביצוע החיפוי ייאטמו קיר הרקע והיקף הפתחים בחומר אוטם בהתאם למפרט הטכני.

יש לוודא שייאטמו החללים מסביב לאבזרים הקבועים בקיר הרקע ושיובטח ניקוז המים שעלולים להצטבר בגב האבן.

במשטחים אופקיים ייעשו שיפועי ניקוז.

איטום קיר הרקע ייעשה באחת השיטות האלה:

- איטום בשכבת הרבצה המתאימה לדרישות סדרת התקנים הישראליים ת"י 1920;
- איטום ביטומני גמיש - שיטת איטום זו מתאימה רק במקרים שבהם החיפוי נעשה בשיטת הבנייה על גבי שכבת בידוד תרמי חיצונית;
- כל שיטת איטום אחרת המאושרת מבחינה הנדסית.

4.4.6 בידוד תרמי על קיר הרקע

חיפוי על גבי שכבת בידוד תרמי חיצונית ייעשה רק בשיטת הבנייה, יש לשים לב שמידות הזוויתן יתאימו לעובי מערכת החיפוי (הכוללת את שכבת הבידוד התרמי).

שכבת בידוד תרמי חיצונית תהיה כלואה על ידי שכבת חיפוי עמידה בפני אש, בהתאם לנדרש בסדרת התקנים הישראליים ת"י 921, לפי העניין. עובי שכבת הבידוד ייקבע לפי הנדרש בסעיף 3.5.

4.5 עיגון רשתות לקיר הרקע

בשיטות ההרכבה והבנייה רשתות הפלדה יעוגנו לקיר הרקע בעוגנים המרוחקים זה מזה 600 מ"מ לכל היותר בשני הכיוונים. במקרים שבהם החיפוי נעשה על גבי שכבת בידוד תרמי חיצונית בשיטת הבנייה (ראו סעיף 4.4.6) או על גבי בלוקים מאושפרים באוטוקלאב, רשתות הפלדה יעוגנו לקיר הרקע בעוגנים המרוחקים זה מזה 400 מ"מ בכיוון אחד ו-500 מ"מ לכיוון השני לכל היותר.

רשתות נוספות (כגון פיברגלס, ראו סעיף 2.1.3) יעוגנו לקיר הרקע בעוגנים המרוחקים זה מזה 450 מ"מ לכל היותר בשני הכיוונים.

העוגנים יעגנו את הרשת כך שיובטח, שמסביב למוטות הרשת יהיה כיסוי של 10 מ"מ מלט לפחות.

כאשר מעגנים כמה רשתות על פני שטח הקיר, יש לוודא שתהיה חפייה של משבצת אחת לפחות ביניהן.

בפינות קירות הבניין תהיה הרשת מכופפת אל מעבר לפינה ותהיה חפייה של משבצת אחת לפחות עם הרשת הפינתית הסמוכה.

בקטעי קיר צרים כגון מזוזות ומשקופים ("גליפים"), אפשר להשתמש בחלקי רשת, או לחלופין במוטות.

במקום שימוש בחלקי רשת אפשר להשתמש במקומות אלה בקיבוע מסוג אחר, כגון: באמצעות עוגנים העוברים דרך האבן, או אבזרים לקיבוע ביבש.

העוגנים לעיגון הרשתות לקיר הרקע יעמדו בכוחות שליפה של 150 ק"ג לפחות. סוג העוגן תלוי בסוג קיר הרקע[7]. השימוש בעוגן יהיה לפי הוראות היצרן.

בדיקת העוגנים תיעשה כנדרש בסעיף 5.2.2.2א.

4.6 חיבור זוויתנים לקיר הרקע

זוויתנים אופקיים, המשמשים תושבת לאבנים שמעליהם, יחוברו לאלמנט בטון בלבד במפלסי התקרות או במרחקים אנכיים של 3.5 מ' לכל היותר.

מידות הזוויתנים ייקבעו לפי הקריטריונים האלה:

מידת הישענות האבן על הזוויתן תהיה 15 מ"מ לפחות (רוחב הצלע התחתונה של הזוויתן יהיה הסכום של עובי המלט בגב האבן בתוספת 15 מ"מ)[6].

דוגמה:

כאשר סטיות קיר הרקע מתאימות לנדרש בתקן הישראלי ת"י 789, עובי המלט 30 מ"מ ועובי האבן הנשענת על הזוויתן 30 מ"מ, מידות הזוויתן יהיו 45 מ"מ × 45 מ"מ (לפי החישוב 45=15+30).

כאשר סטיות קיר הרקע גדולות מהנדרש בתקן הישראלי ת"י 789, עובי המלט בין האבן לקיר הרקע עשוי להיות גדול מ-30 מ"מ, ואז יידרש זוויתן גדול יותר.

עובי אגף הזוויתן יהיה לפחות 1/10 מרוחב האגף או שייקבע בהתאם לתכנון ההנדסי.

לצורך התכנון ההנדסי קובעים את עובי אגף הזוויתן בחישוב סטטי, כאשר אגף הזוויתן הוא זיז הנושא את כל משקל האבנים והמלט של הקיר הנשענים עליו (עד הזוויתן הבא מעליו).

הזוויתן יוצמד ישירות לקיר באמצעות עוגנים, ללא חלקים מתווכים בין הזוויתן לקיר; במקומות שבהם גב הזוויתן מרוחק מהקיר, במסגרת הסטיות המותרות בסעיף 4.4.4, הזוויתן יהיה לחוץ אל הקיר באמצעות לוחיות פח פלדה מגלוון בחום ("שימסים") בעלות צורת "ח", התלויות על גבי עוגן ומגיעות עד לתחתית הזוויתן.

אורך כל זוויתן יהיה 2000 מ"מ - 3000 מ"מ; בין כל שני זוויתנים סמוכים זה לזה יישמר מרווח של 20 מ"מ - 30 מ"מ, שיאפשר את ניקוז המים; מרכז החורים לחיבור הזוויתן לקיר יהיה כ-12 מ"מ מקצה השפה העליונה של הזוויתן.

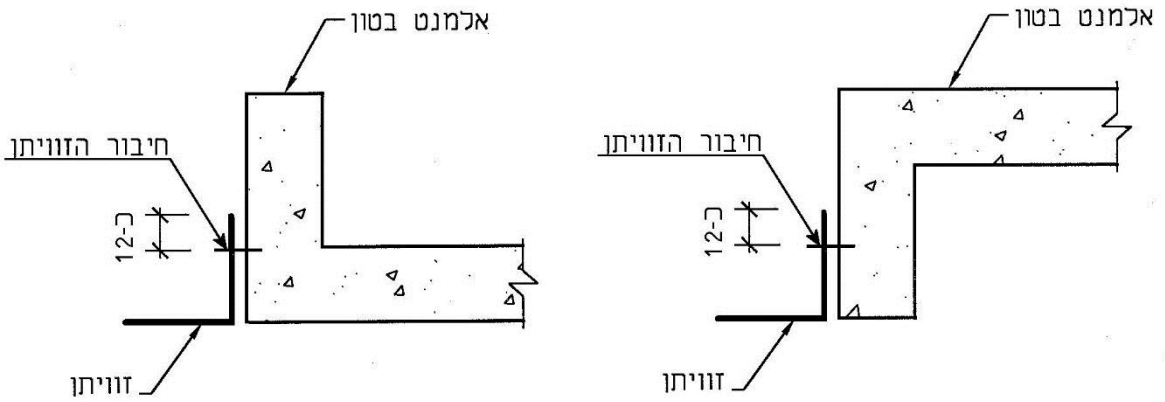
מכל מקום, חיבור הזוויתנים אל הקיר ייעשה לפחות 60 מ"מ מקצה אלמנט הבטון שהוא מחובר אליו (ראו ציור 5). כל גב הזוויתן צריך להיות נתמך בגב הבטון. במקרה הצורך יותאמו מידות הזוויתן.

כוח השליפה של עוגני הזוויתנים יותאם לעומס שימושי של 250 ק"ג לפחות, עם מקדם ביטחון לשליפה 3 לפחות.

המרחק בין העוגנים המחברים את הזוויתן אל הקיר יהיה 300 מ"מ לכל היותר. מחשבים את המרחק בין העוגנים תוך התחשבות בפיתול הזוויתן ביניהם.

קוטר העוגנים לקיבוע הזוויתנים בבטון ייקבע בהתאם לתכנון ההנדסי אך לא יהיה קטן מ-12 מ"מ.

העוגנים יהיו בעלי דסקית שקוטרה 40 מ"מ לפחות ועובייה 2 מ"מ לפחות. אורך העוגנים ייקבע בהתאם להוראות היצרן, אך בכל מקרה הם יוחדרו לעומק 80 מ"מ לפחות לתוך הבטון.



ציור 5 - חיבור הזוויתן

(המידות במילימטרים, הציור אינו מסורטט לפי קנה מידה)

4.7 הכנת האבן לחיפוי

4.7.1 ניקוי גב האבן

גב האבן יישטף בספוג ובמים בסמוך להרכבתה.

בזמן הרכבת האבן פני האבן יהיו יבשים.

הערה:

ניקוי גב האבן נחוץ להדבקה טובה ומלאה.

4.7.2 חירוץ גב האבן

לשיפור החיבור בין האבן לשכבת המלט המשמשת להצמדת האבן לקיר הרקע בשיטת ההרכבה, במיוחד באבנים שספיגותן נמוכה וגבן חלק, ניתן לחרוץ בגב האבן חריצים שרוחבם 5 מ"מ לפחות, עומקם 5 מ"מ לפחות והמרחק ביניהם 10 מ"מ - 15 מ"מ. בכל מקרה, העובי המינימלי של האבן לאחר החירוץ לא יהיה קטן מ-30 מ"מ.

4.7.3 קדחים

בכל אבן ששטחה גדול מ-0.1 מ"ר ייקדחו 4 קדחים שקוטרם 4 מ"מ לעומק 30 מ"מ, באמצע עובי הפאות. 2 קדחים ייקדחו בפאה העליונה האופקית ו-2 קדחים ייקדחו בפאות הצדדיות, קרוב לתחתית האבן. המרחק בין הקדחים לבין פינות האבן יהיה 25 מ"מ - 50 מ"מ. כך תקובע האבן לקיר הרקע באמצעות ווים ב-3 נקודות (כנדרש לייצוב מישור), ובנקודה נוספת תקובע האבן באמצעות וו אל שכבת המלט שמאחורי האבן.

קיבוע אבנים בפינות הבניין ואבני קצה (כגון פתחים) ייעשה באמצעות 4 ווים.

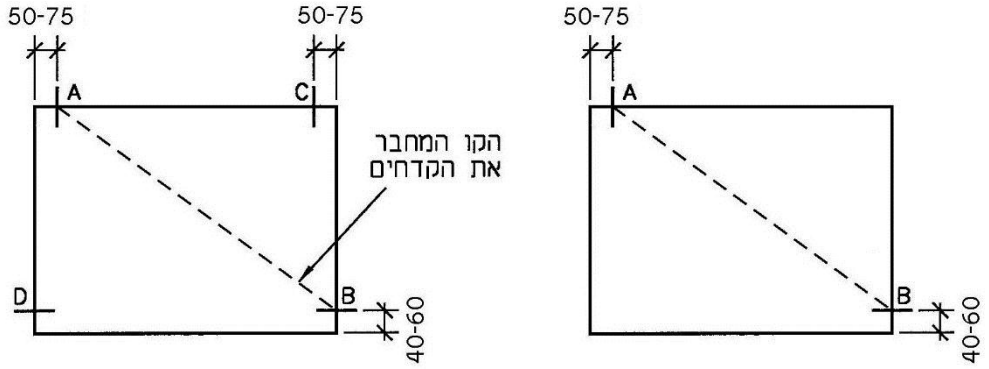
באבן ששטחה קטן מ-0.1 מ"ר ייקדחו שני קדחים, כמתואר בציור 6-א. באבן ששטחה גדול מ-0.1 מ"ר ייקדחו ארבעה קדחים כמתואר בציור 6-ב.

קוטר הקדחים ועומקם יספיקו להכנסת ווים שקוטרם 3.5 מ"מ, לעומק 25 מ"מ.

הקדחים ייעשו על ידי מכונה ייעודית לקידוח קדחים או בשיטה מתועשת לפי המידות המפורטות בתקן זה.

יש להקפיד שהקדח יהיה ניצב למישור הפאה ובמרכזה, כדי לא להחליש את נקודת החיבור.

כאשר נעשה שימוש באבנים שאורך אחת הצלעות שלהן גדול מ- 600 מ"מ, תישקל בתכנון ההנדסי האפשרות להוסמת קדח או קדחים נוספים בצלע הארוכה.



ציור 6א - קדחים באבן
ששטחה קטן
מ-0.1 מ"ר

ציור 6ב - קדחים באבן
ששטחה גדול
מ-0.1 מ"ר

ציור 6 – קדחים באבן
(המידות במילימטרים והן מידות לדוגמה בלבד)

4.7.4 תעלות

תעלות הן חריצים הנעשים בפאות הצרות של האבן.

לצורך השקעת הקטעים הארוכים של הווים בפאות הצרות של האבן (ראו סעיף 4.8), יוצרים תעלות המחברות את הקדחים עם הדופן הפנימית של האבן.

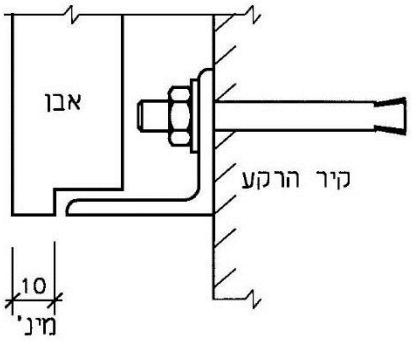
4.7.5 השענת האבן על זוויתן

אם נעשה באבן מגרע למטרת חיבור מוסתר של הזוויתן, עובי האבן הנותר בין המגרע לפני האבן יהיה 10 מ"מ לפחות.

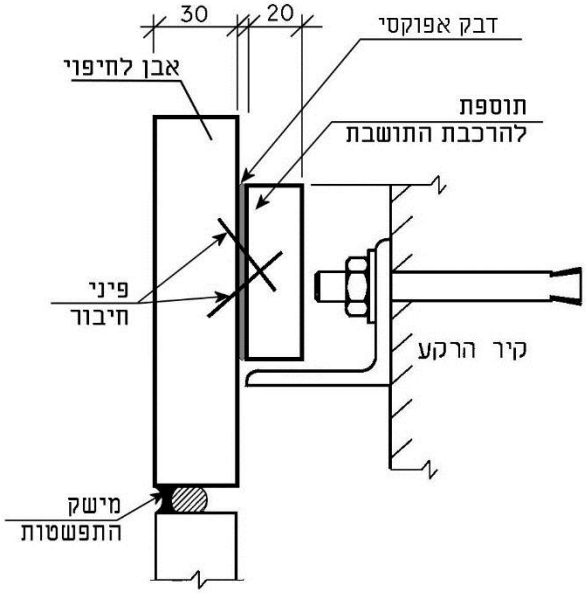
קיבוע האבנים בשורה התחתונה ואבנים מעל פתחים ייעשה באמצעות אלה:

- השענתן על זוויתן המוסתר בתוך מגרע (ראו ציור 7א);
- קיבוע ישיר של אבנים בשורה תחתונה לקיר הרקע באמצעות עוגנים עשויים פלב"ם 316, כאשר זוויתן התמיכה ימוקם בשורת האבנים שמעליהן (ראו ציורים 7ב ו-7ג).

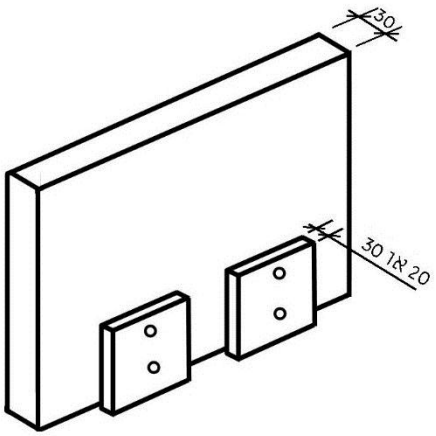
אין לחרוץ חריצים בגב האבן לכל אורכה לצורך חיבור מוסתר של הזוויתן.



ציור 7א - זוויתן מוסתר בתוך מגרע באבן



ציור 7ב - זוויתן מוסתר בתוך תוספת של תושבת



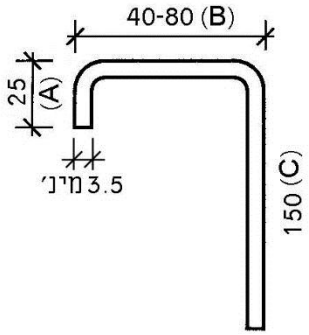
ציור 7ג – תוספת תושבת לזוויתן

ציור 7 – השענת האבן על זוויתן (המידות במילימטרים)

4.8 ווים לקיבוע האבן

האבן תקובע לרשת באמצעות ווים. קוטר הווים יהיה 3.5 מ"מ לפחות.

הווים יהיו מוכנים מראש עם כיפוף בזווית של 90° (כיפוף חד ברדיוס מינימלי). הוו יהיה בעל קטע קצר שאורכו 25 מ"מ ושני קטעים נוספים שאורכם כמפורט בציור 8 .



ציור 8 - וו לקיבוע האבן

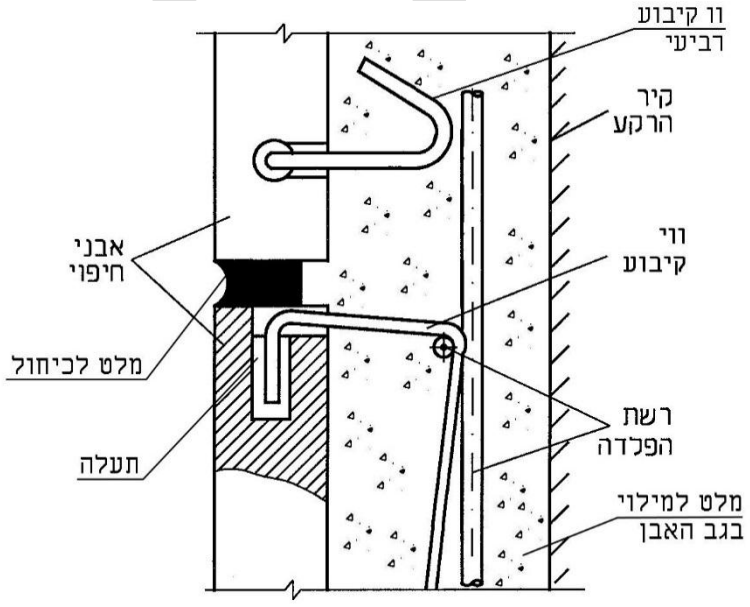
(המידות במילימטרים)

שני הווים העליונים והוו שבצד החופשי של האבן יוחדרו מאחורי הרשת; הוו הצידי הנוסף, בצד הלא חופשי של האבן, הצמוד לאבן הקודמת (וו קיבוע רביעי), יוחדר לתוך שכבת המלט או הבטון שבגב האבן בלבד.

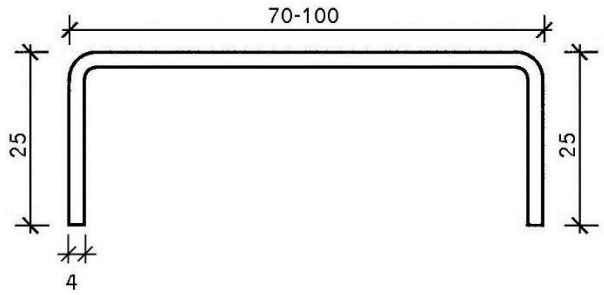
הקטע הקצר של הוו (A) יוכנס לתוך הקדחים שבאבן, קטע ארוך אחד (B) יעבור דרך התעלה שבאבן, קטע ארוך נוסף (C) יוחדר מאחורי הרשת.

מכופפים את הווים תמיד כלפי מטה או הצידה אל מאחורי האבן שאותה מחברים, ולא אל מאחורי האבן הסמוכה (ראו ציור 9).

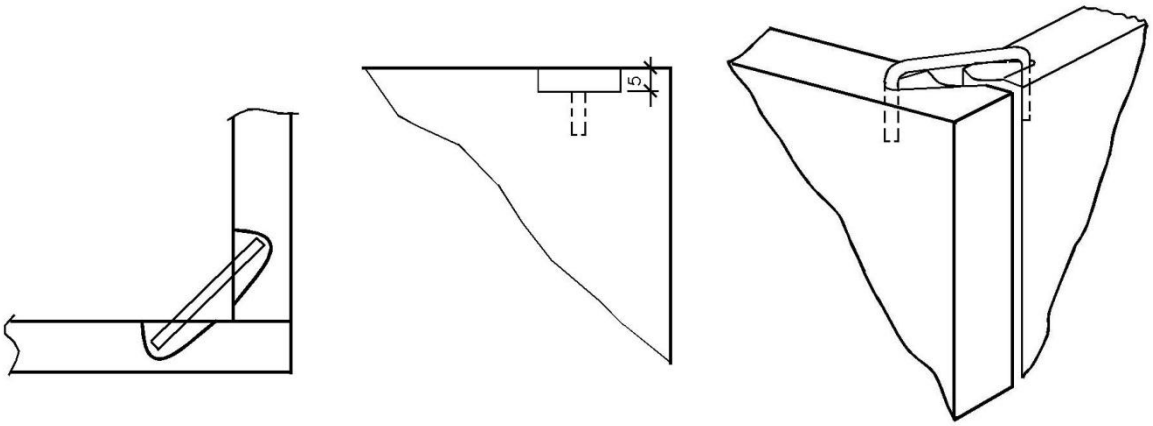
בקיבוע אבנים בפינות הבניין ובקיבוע אבני קצה ניתן לעגן את האבן באמצעות וו שיעוגן בפאה התחתונה של האבן ויעוגן אל אחורי הרשת שבגב באבן, או על ידי חיבור שתי אבני קצה ניצבות זו לזו באמצעות וו המכופף בשני קצותיו בצורת "ח" כמתואר בציורים 10 א-ד.



ציור 9 - קיבוע האבן באמצעות ווים



ציור 10א – וו "ח" לחיבור שתי אבני פינה



ציור 10ב - חיבור אבני פינה על ידי וו "ח"

ציור 10ג - חתך צידי של הקדח

ציור 10ד - חתך עילי של חיבור אבני הפינה

ציור 10 – חיבור שתי אבני פינה

4.9 מישקים

4.9.1 מישקים רגילים

בין האבנים יתוכננו מישקים בשני הכיוונים (אופקי ואנכי), שרוחבם יאפשר מילוי מושלם של המישק. הרוחב המתאים למילוי מושלם של המישק הוא 10 מ"מ בקירוב.

ניתן לאשר מישקים צרים יותר בין האבנים בהתאם לתכנון האדריכלי, בתנאי שרוחבם לא יהיה קטן מ-4 מ"מ בשני הכיוונים.

ניקוי מישקים בחיפוי ייעשה יום לאחר הרכבת האבן. במהלך הניקוי יש להקפיד על שמירת שלמות הווים לעיגון ומיקומם.

לפני מילוי המישקים במלט הכיחול ינוקו המישקים היטב מאבק ויורטבו.

עומק המילוי של מלט הכיחול במישקים יהיה שווה לרוחב המישק כפול 1.5, אולם לא יהיה קטן מ-10 מ"מ. לאחר מילוי המישקים יאושפר מלט הכיחול (יושאר במצב רטוב) במשך 3 ימים לפחות.

ייעשה שימוש ב"כוחלה" מוכנה מראש מיוצרת במפעל ועומדת בדרישות סדרת התקנים הישראליים ת"י 1661.

4.9.2 מישקים גמישים

רוחב מישקים גמישים יהיה 6 מ"מ לפחות. המרחק בין מישקים גמישים אופקיים יהיה 3 מ' בקירוב.
המרחק בין מישקים גמישים אנכיים יהיה 8 מ' לכל היותר.
בין זוויתן לשורת האבנים שמתחתיו יהיה מישק גמיש אופקי.
המישקים ימולאו בחומרים שאינם נספגים באבן ואינם גורמים לה נזק מבחינה כימית. בעת מילוי המישקים תוגן האבן מפני הכתמה (למשל באמצעות סרט הדבקה בשני צידי המישק). עומק מילוי המישק יהיה בין 70%-50% מרוחב המישק ולא יהיה קטן מ-5 מ"מ.
מישקים גמישים אנכיים ימוקמו בכל פינה פנימית של חזית הבניין, או במקום שייקבע מראש מבחינה אדריכלית בהתאם למרחקים המפורטים לעיל.

4.10 חיפוי פתחים ופינות

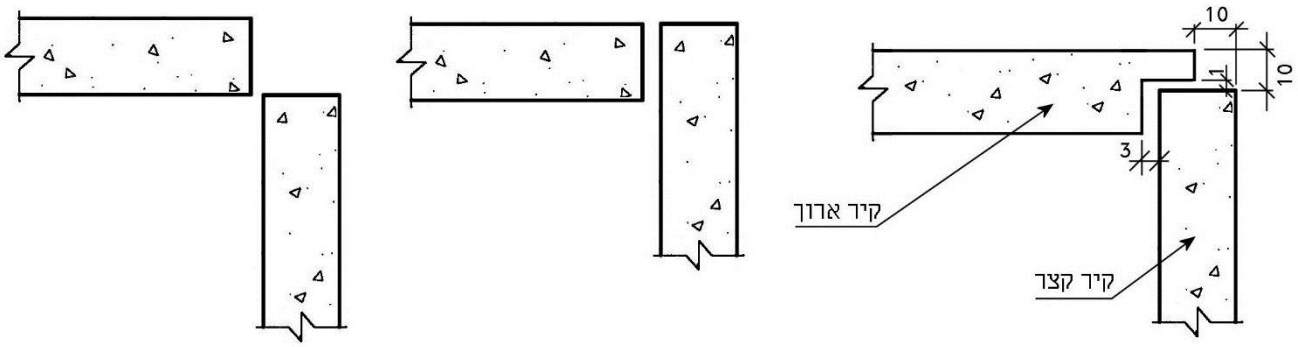
חיפוי סביב חלונות ופתחים וחיפוי פינות יבוצע בהתאם לתכנון אדריכלי מפורט, שבו ישנה התייחסות לאופן העיגון של האבן וזוויתני התמיכה, לאיטום ולניקוז המים.
חיפוי משקוף בפתחים בשיטת הקיבוע ברטוב ייעשה באמצעות אבן אחת הנשענת על חיפוי המזוזות.
אם נדרשת יותר מאבן אחת, יקובעו האבנים בעוגנים ישירות לתוך קיר הרקע.

4.10.1 חיפוי פינות בשיטת ההרכבה

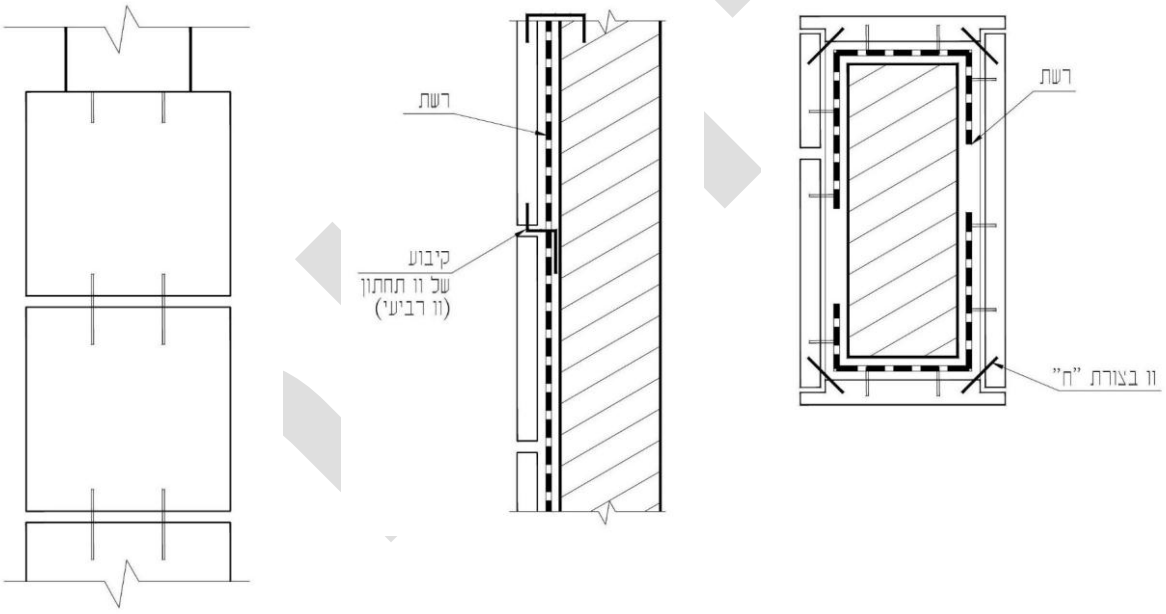
- האבנים בקצה פינות הבניין וליד פתחים בחזיתות לא יהיו צרות מ-250 מ"מ בכיוון האופקי. פרטי הפינה יתאימו למתואר בציור 11א.
- אבני הפינה יעוגנו באמצעות ארבעה ווים. כאשר החיפוי בפינה נעשה על ידי וו בצורת "ח" משותף אפשר לבצע את העיגון כמתואר בציורים 10א-ד.

אפשר לחפות עמודים באמצעות חיבור כל אבן בחמש נקודות לפחות כמפורט להלן: שני ווים בתחתית האבן יעוגנו לתוך המלט להרכבה (מבלי להקיף את הרשת), וו נוסף יחובר באמצע הפאה העליונה אל מאחורי הרשת, שני חיבורים נוספים יחברו את שני הקצוות של הפאות העליונות של האבנים הניצבות זו לזו באמצעות ווים בצורת "ח" כמתואר בציורים 10 א-ד וציור 11א.

- אפשר לקבע את אבני הפינה באמצעות שלושה ווים ותוספת קיבוע מכני דרך האבן (עוגן) כמתואר בציור 11ב.



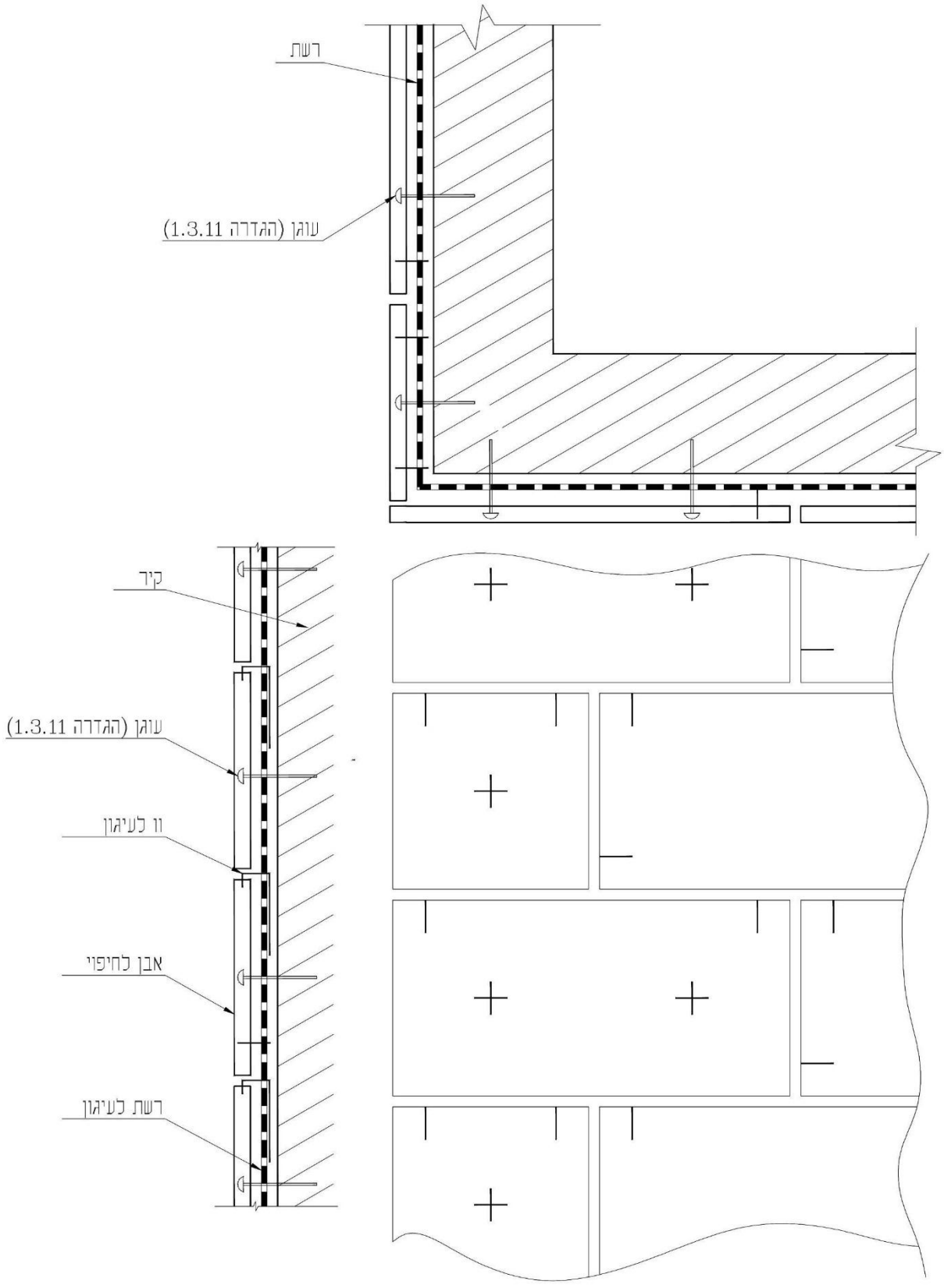
ציור 11א – דוגמה לפרטי פינה אופייניים בשיטת ההרכבה



מבט צד **חתך** **מבט על**

ציור 11ב - חיפוי עמודים

ציור 11 – חיפוי פינות, עמודים ופתחים (המשך הציור בעמוד הבא)



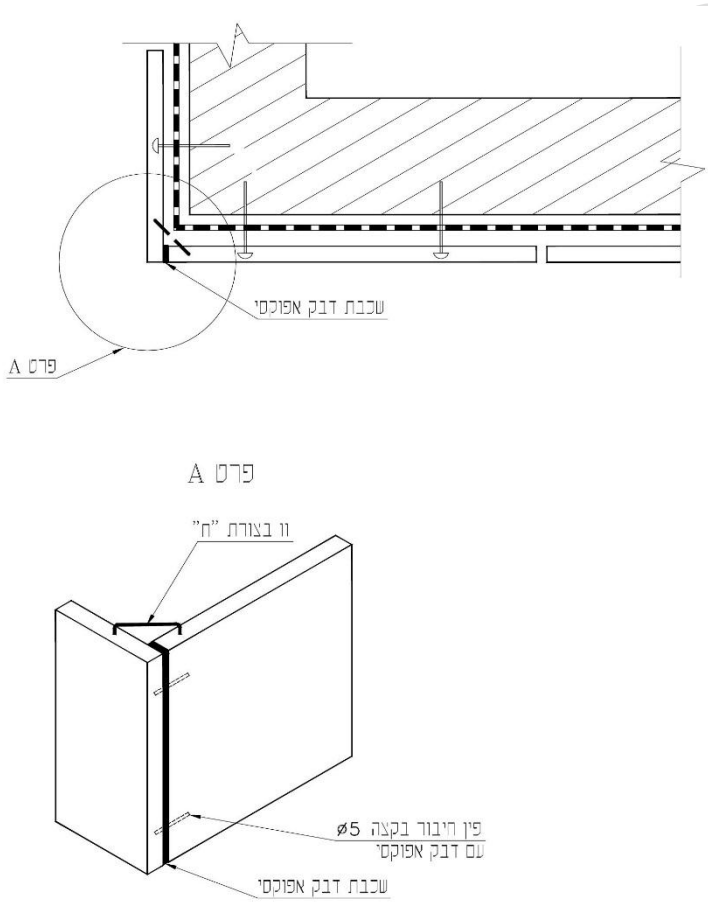
ציור 11ג - חיפוי פינה בתוספת עיגון מכני (עוגן)

ציור 11 – חיפוי פינות, עמודים ופתחים

4.10.2 חיפוי פינות בשיטת הבנייה

חיפוי פינה בשיטת הבנייה ייעשה באמצעות אבן פינה גושנית (מיחידת אבן אחת) שבה אורך צד אחד של האבן הוא כ - 15 ס"מ ואורכו של הצד השני יהיה בהתאם לתכנון האדריכלי אך לא פחות מ-25 ס"מ. אבן זו תהיה מעוגנת באמצעות ארבעה ווים כפי שנדרש לקיבוע לאבן רגילה.

לחלופין אפשר לחפות את הפינה כאשר אבן הפינה מורכבת משתי אבנים מודבקות אחת לשנייה באמצעות דבק אפוקסי או דבק שווה ערך אחר, משולב עם קיבוע מכני (ראו ציור 12).



ציור 12 – חיפוי פינות בשיטת הבנייה

פרק ה – בדיקות – שיטות ודרישות

5.1 כללי

במהלך ביצוע עבודות החיפוי תיעשה בקרת איכות באתר ובמעבדה לפי הצורך כמפורט בסעיף 5.2.2.
הבדיקות באתר הבנייה ייערכו לפני תחילת העבודה, במהלכה ובסיומה.
הבדיקות ייערכו בהתאם לתוכנית הבדיקות המפורטת להלן.
תוצאות הבדיקות יתועדו על ידי עורכי הבדיקה במסמך כתוב וחתום.

5.2 בדיקות באתר לפני תחילת מלאכת החיפוי ובמהלכה

5.2.1 בדיקות לפני תחילת החיפוי

5.2.1.1 בדיקה חזותית של קיר האב-טיפוס

לפני תחילת החיפוי מכינים קיר חיפוי לדוגמה, הכולל את כל מרכיבי מערכת החיפוי (קיר אב-טיפוס), המהווה קטע קיר ששטחו 12 מ"ר.
מחפים את קטע הקיר בהתאם לתוכניות הביצוע ובחומרים המפורטים במפרט הטכני.
בוחנים חזותית את הדוגמה. הדוגמה תאושר מבחינה אדריכלית ומבחינה הנדסית.

5.2.1.2 בדיקות נוספות

א. בודקים שחוזק הלחיצה של המלט והבטון מתאימים לנדרש בטבלה 1, בהתאם לתעודת הבדיקה של המעבדה המוסמכת;

ב. בודקים שהאבן לחיפוי מתאימה לכתוב בהזמנה, מתאימה לדרישות האבן המפורטות בסעיף 2.1.1 ומתאימה לתכונות האבן הנדרשות בתקן הישראלי ת"י 2378 חלק 1, בצרוף תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת;

ג. בודקים שהחומרים והרכיבים למילוי ולאיטום מישקים מתאימים לנדרש בסעיף 2.1.7, בצרוף תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת;

ד. בודקים שרשתות הפלדה לעיגון ואבזרי המתכת מתאימים לנדרש בתקן זה כמפורט בסעיפים 2.1.2 - 2.1.4.
עובי הגלוון, סוג החומר שממנו עשויה הרשת, קוטר הרשת, גודל העין (המשבצת) וחוזק המתיחה של הרשת ייבדקו על ידי מעבדה מוסמכת.

ה. בודקים שתוכניות הביצוע והפרטים הדרושים המפורטים בסעיף 4.2 הדן בתכנון אדריכלי נמצאים באתר;

ו. בודקים שישנם חישובים הנדסיים מתאימים (בהתאם לצורך) כמפורט בסעיף 4.3 הדן בתכן הנדסי;

ז. בודקים שנעשה איטום קיר הרקע לרבות מסביב לפתחים, לפני תחילת עבודת החיפוי כמפורט בסעיף 4.4.5 הדן באיטום;

ח. בודקים שסטיות קיר הרקע מתאימות לנדרש בסעיף 4.4.4;

ט. בודקים שעמידות עוגני הזוויתנים בשליפה מתאימה לנדרש בסעיף 5.2.2.2ב;

י. בודקים שכל החומרים והמוצרים האחרים המשמשים במערכת החיפוי מתאימים לנדרש בפרק ב שבתקן זה נוסף על הימצאות אישורים (אישורי ספק או יצרן) המעידים על כך.

5.2.2 בדיקות במהלך החיפוי

5.2.2.1 בדיקות בקרת איכות

א. בודקים שהרשת מעוגנת לקיר הרקע כנדרש בסעיף 4.5 הדן בעיגון רשתות לקיר הרקע;

ב. בודקים שהעוגנים מתאימים לרשת כנדרש בסעיף 2.1.4 הדן באבזרי קיבוע לרשתות עיגון;

ג. בודקים שהקדחים באבן מתאימים לנדרש בסעיף 4.7.3 הדן בקדחים;

ד. בודקים שהווים לקיבוע האבן לרשת מתאימים לנדרש בסעיף 4.8 הדן בווים לקיבוע האבן;

ה. בודקים שמידות הזוויתן (רוחב שני האגפים והעובי) מתאימות לתוכניות הביצוע או לתכנון ההנדסי. בודקים שאופן חיבור הזוויתן לקיר מתאים למפורט בסעיף 4.6 הדן בחיבור זוויתנים לקיר הרקע;

ו. בודקים שעובי שכבת המלט או הבטון מתאים לנדרש בסעיפים 4.1.1 הדן בשיטת ההרכבה או 4.1.2 הדן בשיטת הבנייה, לפי שיטת החיפוי;

ז. בחיפוי הנעשה בשיטת הבנייה, בודקים שיציקת המלט נעשית כמפורט בסעיף 4.1.2 הדן בשיטת חיפוי זו;

ח. עורכים בדיקת איכות ביצוע - עורכים את הבדיקה סמוך למועד ההרכבה (כשהמלט רטוב). בודקים באופן אקראי בכל 300 מ"ר את מערכת הווים המחברים את האבן לרשת, בודקים את כמות הווים, את מיקום הווים, את כמות המלט ואת אופן מריחתו.

ט. בודקים בבדיקה חזותית שמראה הקיר המחופה מתאים לנדרש בסעיף 3.2 ומתאים לדוגמת האב-טיפוס שאושרה לפני תחילת עבודת החיפוי.

5.2.2.2 בדיקות מעבדה שיבוצעו במהלך החיפוי

א. **בדיקת כוח השליפה של עוגני הרשת מתוך קיר הרקע**

מספר הדוגמות הנבדקות לא יהיה קטן מהנקוב בסעיף זה ובהתאם להתקדמות הבנייה כמפורט להלן:

- במהלך חיפוי 200 מ"ר הראשונים עורכים 6 בדיקות שליפה לכל סוג של קיר רקע (בלוקים, בטון וכדומה).
- במהלך המשך החיפוי, כל 800 מ"ר עורכים 6 בדיקות שליפה נוספות.

בוחרים את הדוגמות באקראי מכל פני השטח, לפי שיקול דעת בודק המעבדה המוסמכת.

שולפים את העוגן באמצעות מכשיר שליפה בעל אמצעי למדידת כוח השליפה.

רושמים את כוח השליפה.

כוח השליפה יתאים לנדרש בסעיף 4.4.1.

ב. **עמידות עוגני הזוויתנים בשליפה**

בודקים את עמידות עוגני הזוויתנים בשליפה מאלמנט הבטון.

מספר הדוגמות הנבדקות לא יהיה קטן מהנקוב בסעיף זה ובהתאם להתקדמות הבנייה כמפורט להלן:

- במהלך התקנת שורת הזוויתנים הראשונה עורכים 6 בדיקות שליפה.
- בהמשך החיפוי עורכים 6 בדיקות שליפה עבור כל 4 קומות נוספות, אך לא פחות מ-400 מטר אורך של זוויתנים.

בוחרים את הדוגמות באקראי לכל אורך הזוויתנים, לפי שיקול דעת בודק המעבדה המוסמכת.
שולפים את העוגן באמצעות מכשיר שליפה בעל אמצעי למדידת כוח השליפה.
רושמים את כוח השליפה.
כוח השליפה של עוגני הזוויתנים יתאים לנדרש בסעיף 4.6.

ג. **בדיקת מין הפלב"ם**

בודקים את מין הפלב"ם, לפי העניין, כמפורט להלן:
מכל מין של אבזר בודקים מדגם של 6 אבזרים שייבחרו באקראי מאריזות שונות, מכל 15,000 יחידות או מכל משלוח לאתר - הקטן מביניהם. את הבדיקה עורכים בסמוך לקבלת האבזרים באתר.
עורכים מיון ראשוני באמצעות סריקה (screening) בשיטת XRF (X-ray fluorescence).
מין הפלב"ם יתאים לדרישות עבורו במסמך של האגודה האמריקנית לבדיקות ולחומרים ASTM A240/A240M:2014 ולסטיות המותרות במסמך של האגודה האמריקנית לבדיקות וחומרים ASTM A484/A484M:2014.
במקרה של חילוקי דעות, בודקים את אותם אבזרים בבדיקה אנליטית במכשיר ספקטרומטר ניצוצות (Spark Spectrometer). תוצאות בדיקה זו יקבעו את מין הפלב"ם.

5.2.3 בדיקות בגמר העבודה

5.2.3.1 בדיקה חזותית

בודקים בבדיקה חזותית שמראה הקיר המחופה מתאים למפורט בסעיף 3.2 ומתאים לדוגמת קיר האב-טיפוס שאושרה עם תחילת החיפוי (ראו סעיף 5.2.1.1).

5.2.3.2 בדיקות נוספות

בדיקות נוספות להתאמת מערכת החיפוי לדרישות התקן ייערכו במקרה של חילוקי דעות או על פי דרישה מיוחדת של מעבדה מוסמכת.

5.2.3.3 אישור סופי של החיפוי

עם השלמת עבודת החיפוי יתועדו האישורים ותעודות כל הבדיקות שבוצעו במהלך הבנייה על פי המפורט בתקן זה (ראו נספח ד) .

נספח א - דוגמה לחישוב כוחות ומאמצים בחיפוי אבן בשיטה הרטובה

(למידע בלבד)

בנספח זה מובאת דוגמת חישוב לחיפוי אבן בקיבוע רטוב. לכל שלב חישוב מפורטים שיקולי התכן המובאים בחשבון.

א-1. נתוני חומרי החיפוי (ראו ת"י 2378 חלק 1)

משקל מרחבי של האבן: 2.6 ג' לסמ"ק = $\gamma_{א}$;

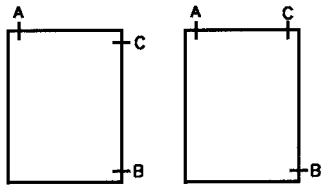
משקל מרחבי של המלט: 2.0 ג' לסמ"ק = $\gamma_{מ}$;

חוזק האבן בלחיצה: 60 מגפ"ס[8] - 80 מגפ"ס (לפי בדיקות מעבדה);
חוזק האבן בכפיפה: 5 מגפ"ס - 7 מגפ"ס (לפי בדיקות מעבדה);
חוזק האבן בגזירה: 5 מגפ"ס (לפי בדיקות מעבדה).

הערה:
בחישוב נלקחו נתוני החוזק הנמוכים שהתקבלו בבדיקת המעבדה.

א-2. נקודות הקיבוע והסכֵמה הסטטית (סעיף 4.3.2 סעיף משנה 2) (ציור א-1)

בקיבוע רטוב - 3 נקודות, באחד הסידורים האלה:



ציור א-1

מחשבים את מאמץ הכפיפה של האבן לאורך הקו המשופע AB, ובניצב לו.

הערה:
ו- D שאינו מחובר לרשת לא נכלל בחישוב.

א-3. נתוני דוגמת החישוב

בנין בן 8 קומות נבנה בירושלים המערבית; גובהו 25 מ'; זוויתני תמיכה בכל קומה;
עובי המלט 30 מ"מ, הווים לקיבוע האבן בקוטר 3.5 מ"מ (הנחת תכן), במרחק 25 מ"מ מפינות לוח האבן.
מידות האבן שנבחרה: לוחות אבן נסורה בעובי 30 מ"מ, רוחב 300 מ"מ, גובה 800 מ"מ.

א-4. נתוני העומס (ראו סעיפים 4.3.2 סעיפי משנה 3 ו-4)

- עומס אנכי: משקל לוח האבן: $187 \text{ נ'} = 100 / 2.6 \times 3 \times 80 \times 30$;

  משקל המלט: $144 \text{ נ'} = 100 / 2.0 \times 3 \times 80 \times 30$;

- מחשבים את לחץ הרוח (על כל שטח הלוח) לפי התקן הישראלי ת"י 414.

בסעיפים א-5,א-6,א-7 ו-א-8 מובאת דוגמת חישוב המבוססת על עומס רוח של 900 נ' למ"ר.

---

[8] מגפ"ס = מגה פסקל = ניוטון לממ"ר
נ' = ניוטון
פס' = פסקל = ניוטון למ"ר

א-5. חישוב כפיפת האבן (סעיף 4.3.2 סעיף משנה 5) (ציור א-2)

אורך הקו המשופע AB: 822 מ"מ.

בהנחה שהרוחב הפעיל בקבלת הכפיפה "כלוא" בתוך קרניים בנטייה של 1:2 מהקו AB - תתקבל רצועה פעילה ברוחב מלא (318 מ"מ) בתחום ניכר של אמצע המִפתח AB. לכן:

$$M \cong W \times \overline{AB}/8 = 216 \times 0.822/8 = \text{ נ' · מ' } 22.2 = \text{ נ' · מ"מ } 22200$$

$$\sigma = M \times 6/(b_1 t^2) = 22200 \times 6/(318 \times 30^2) = \text{ מגפ"ס } 0.465 << 5.0/4$$

בהנחה של מקדם בטיחות בכפיפה 4.

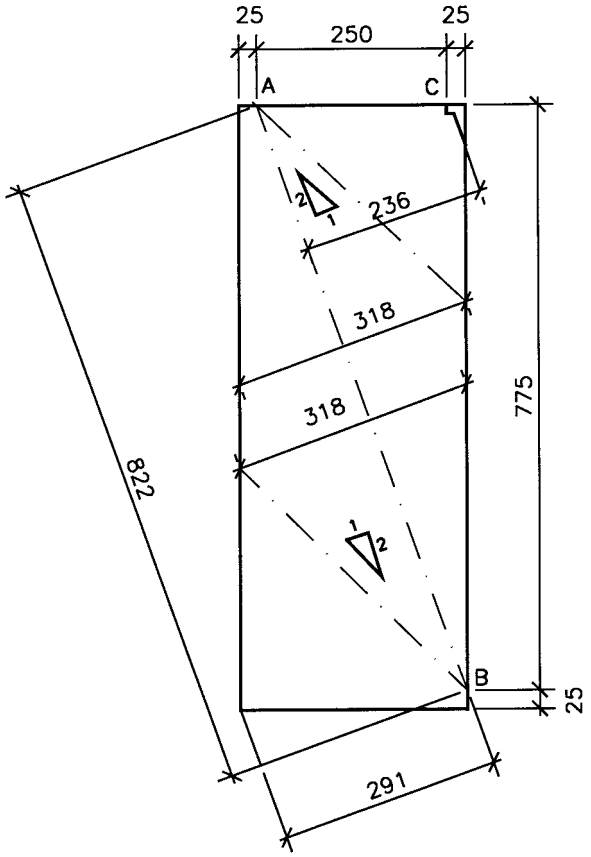
העומס על הצד השמאלי, בכיוון ניצב לכיוון הקודם, יהיה בקירוב:

$$\sim 0.53 \times 216 = \text{ נ' } 114$$

$$M \cong 114 \times 0.291 / 3 = \text{ נ' · מ' } 11.11 = \text{ נ' · מ"מ } 11100$$

$$\sigma = 6M/(b_2 t^2) = 6 \times 11100/(822 \times 30^2) = \text{ מגפ"ס } 0.09 < 0.465$$

מסקנה: האבן עומדת בכפיפה (גם אם מביאים בחשבון חלוקה לא אחידה של המאמץ בכיוון הניצב).



ציור א-2

(המידות במילימטרים, הציור אינו מסורטט לפי קנה מידה)

א-6. חישוב האבן בנקודות האחיזה וחישוב הווים והרשת

בהנחה שהעומס האנכי נמסר כולו לזוויתן התמיכה הקומתי דרך המלט לכיחול והמלט להצמדת לוחות האבן, תהיה הריאקציה בחיבורי האבן רק זו הבאה מיניקת הרוח. חישוב חיבור של לוח שאינו קרוב לפינת הבניין יהיה כמפורט להלן:

א. חישוב האבן (סעיף 4.3.2 סעיף משנה 6)

הריאקציה המקסימלית במצב גבולי של שירות תהיה בחיבור B:

$$R_H = 216 \times \frac{800}{2} / 775 = 111.5 \text{ ני'}$$

כשהקדח, בקוטר 4 מ"מ ועומק 30 מ"מ, סוטה ב-2 מ"מ מאמצע עובי הלוח, יהיה מאמץ הגזירה באבן בשני שטחי גזירה[9]:

$$\tau = 111.5/(2\times 20\times 12) = 0.232 \text{ מגפ"ס}$$

מסקנה: האבן עומדת גם בגזירה במגע בוו (בהנחה שמקדם הבטיחות לגזירה = 6).

מאמץ המעיכה במגע עם הוו (בהנחה שהמגע בוו הוא רק בעומק 10 מ"מ):

$$\sigma = 111.5/(3.5\times 10) \cong 3.20 \text{ מגפ"ס} << 60/4$$

מסקנה: האבן עומדת בנקל גם במעיכה במגע בוו (בהנחה שמקדם הבטיחות = 4).

ב. חישוב וו האחיזה בצד האבן (סעיף 4.3.2 סעיף משנה 7) (ציור א-3 וציור א-4)

נניח אקסצנטריות הריאקציה ביחס לציר הוו 10~ מ"מ, ולכן:

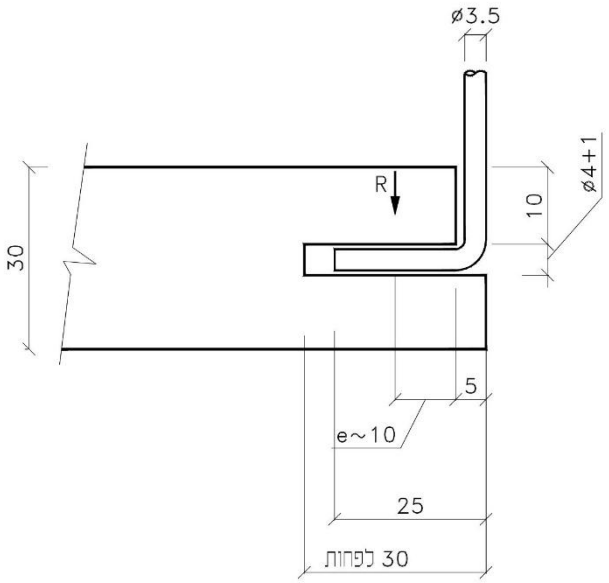
$$M \cong 111.5\times 10 = 1120 \text{ ני' · מ"מ}$$

$$Z = 0.1^3 = 0.1\times 3.5^3 = 4.3 \text{ ממ"ק}$$

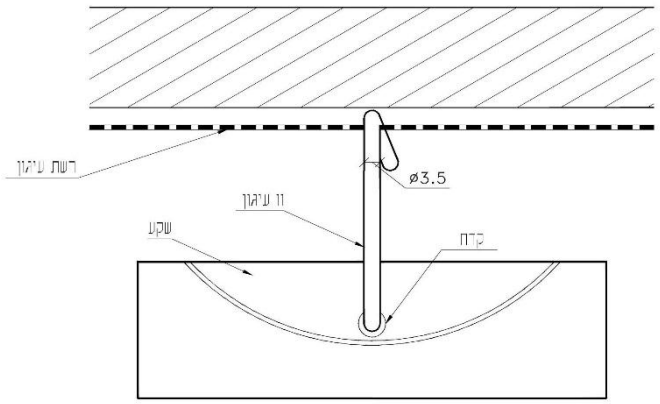
$$\sigma_s = M/Z = 1120/4.3 = 261 \text{ מגפ"ס}$$

מסקנה: המאמץ בפלדה גבוה כנראה מגבול הכניעה שלה, אם הוו עשוי פלדה בלתי מחלידה (פלב"ם), הניתנת לכיפוף ביד אדם.

[9] שטח הגזירה האפקטיבי הוא באורך כ-20 מ"מ, ראו הקדח בציור א-3.



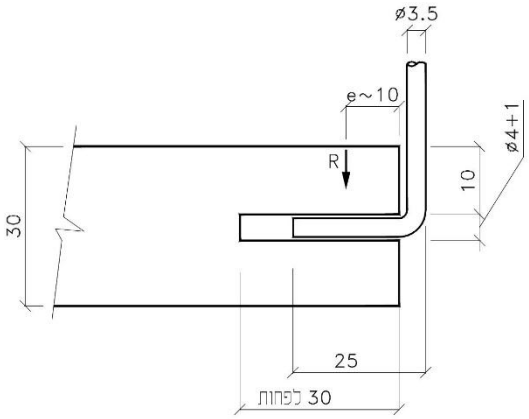
ציור א-3.1 חתך



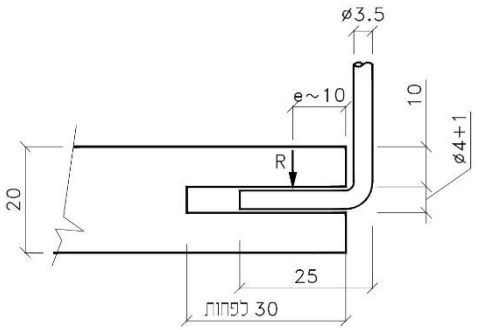
ציור א-3.2 מבט על

ציור 3 – עיגון בקדח עם וו שקוע

(המידות במילימטרים)



ציור א-4.1 עובי האבן 3 ס"מ



ציור א-4.2 עובי האבן 2 ס"מ

ציור א-4 עיגון בקדח ללא שקע

אפשר לפתור את הבעיה באחת הדרכים האלה:

א. על ידי הגדלת קוטר מוט הוו ל-4.5 מ"מ (המאמץ ירד ל-123 מגפ"ס);

ב. על ידי הכנת ווים כפופים בכיפוף חד יותר (ראו ציור א-5) (האקסצנטריות תקטן ל-7 מ"מ, ועבור וו בקוטר 4 מ"מ נקבל מאמץ של 125 מגפ"ס בקירוב);

ג. על ידי בחירה בוו מפלב"ם שגבול הכניעה שלה גבוה יותר;

ד. על ידי יצירת תעלה בשפת האבן, כדי שהוו ייחבא בה (ואז תקטן האקסצנטריות ל-5 מ"מ במקרה של וו כפוף בכיפוף חד, והקוטר יישאר 3.5 מ"מ).



ציור א-5

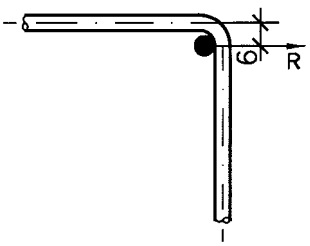
ג. חישוב קצה הוו המחובר לרשת (ציור א-6)

בהנחה שהוו יהודק בצבת, ושקוטר הלולאה (פנימי) לא יהיה גדול מ-8 מ"מ, האקסצנטריות תהיה כ-6 מ"מ, והמאמץ בפלדה יהיה:

כשהקוטר 3.5 מ"מ: $\sigma_s = 112 \times 6/4.3$ = 156 מגפ"ס

כשהקוטר 4.0 מ"מ: $\sigma_s = 112 \times 6/6.4$ = 105 מגפ"ס

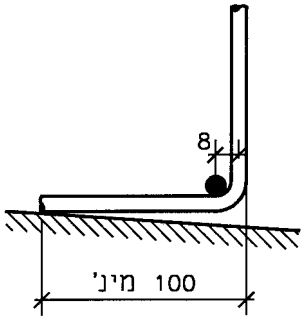
בשני המקרים המאמץ המתקבל אינו חורג מגבול המותר.



ציור א-6

(המידות במילימטרים, הציור אינו מסורטט לפי קנה מידה)

לחלופין, אפשר לנקוט את השיטה המתוארת בציור א-7: הוו כפוף ב-90° ברדיוסים דומים, כאשר קצהו שמאחורי הרשת ארוך מ-100 מ"מ. במצב זה אפשר להניח אקסצנטריות של כ-8 מ"מ. ואז, רק אם קוטר המוט 4 מ"מ, מקבלים מאמץ שאינו חורג מגבול המותר.



ציור א-7

(המידות במילימטרים, הציור אינו מסורטט לפי קנה מידה)

ד. חישוב הרשת המעוגנת לקיר (סעיף 4.3.2 סעיף משנה 8)

נניח שרשת זיון מרותכת 5@150, נתונה באמצע עובי שכבת המלט ומעוגנת לקיר כל 600 מ"מ בכל כיוון. כמו כן נניח שהרשת עם המלט פועלים בצורה דומה ללוח מקשי ללא קורות הנשען על העוגנים הנזכרים לעיל.

עומס הרוח כ-900 נ' למ"ר (סעיף א-4), במצב גבולי של שירות.

למעבר למצב גבולי של הרס נניח שמקדם הבטיחות $\gamma_F = 1.5$ (במקום 1.2 הנדרש לעומס רוח כשהוא משולב עם עומס קבוע ושימושי), מפני שכאן מדובר בעומס רוח לבדו הפועל על שטח קטן (פחות מ-1 מ"ר). ניתן להניח: d = 15 מ"מ 48.6 נ' · מ' = $M_{max} \cong 1.5 \times 900 \times 0.6^2 / 10$ ממוצע

ובי"רצועת עמוד" שרוחבה 300 מ"מ = ℓ / 2 : 21900 נ' · מ"מ = 21.9 נ' · מ' = $M = 1.5 \times 0.3 \times 48.6$

$A_s \cong 21900/(0.9 \times 15 \times 435)$ = 3.7 << 2 × 19.6 ממ"ר (2 מוטות 5)

מכיוון שיש ספק בדבר מיקומה המדויק של הרשת באמצע עובי שכבת המלט, וספק רב מזה בדבר מילוי מושלם של כל החלל מאחורי האבן - אין לרדת מתחת 5@150, על אף תוצאת החישוב האחרון.

חישוב חלופי של הרשת כמוטות פלדה שאינם משתפים את המלט בפעולתם, יצריך בתנאים שלעיל רשת 6@150 לפחות.

א-7. חישוב העוגנים המעגנים את הרשת לקיר (סעיף 4.3.2 סעיף משנה 9)

הריאקציה על עוגן בודד (שאינו סמוך לפינות הקיר) תהיה:

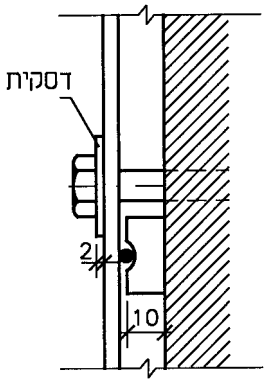
$$H = 0.60 \times 0.60 \times 900 = 324 \text{ נ'}$$

קוטרו של העוגן המעגן את הרשת לקיר לא יוכל להיות 3.5 מ"מ, כי הריאקציה שחושבה לעיל על עוגן בודד (324 נ') גדולה פי 3 מהריאקציה המקסימלית בחיבור B שחושבה לפי סעיף א-6 (111.5 נ').

עוגן מתאים יהיה לפחות בקוטר 6 מ"מ.

מומלץ להשתמש בדסקית בקוטר 40 מ"מ ובעובי 2 מ"מ, שהעוגן יהדק אותה מעל לרשת - כאשר בין הרשת לקיר מרחק של 5 מ"מ - 10 מ"מ (כשהמרחק נמדד ממוט הרשת הקרוב לקיר - ראו ציור א-8) בוחרים עוגן מתוך קטלוג היצרן לפי חומר הקיר.

לכוח של 300 נ' - 400 נ' יספיק ברוב המקרים עוגן פשוט. מקדם בטיחות סביר לעוגנים כאלה הוא 6.



ציור א-8

(המידות במילימטרים, הציור אינו מסורטט לפי קנה מידה)

א8-. חישוב התמיכה הקומתית (סעיף 4.3.2 סעיפי משנה 4 ו-10) (ציור א-9)

תמיכה זו אמורה לשאת את מלוא המשקל האנכי של האבן ושל כמחצית המלט שמאחוריה.

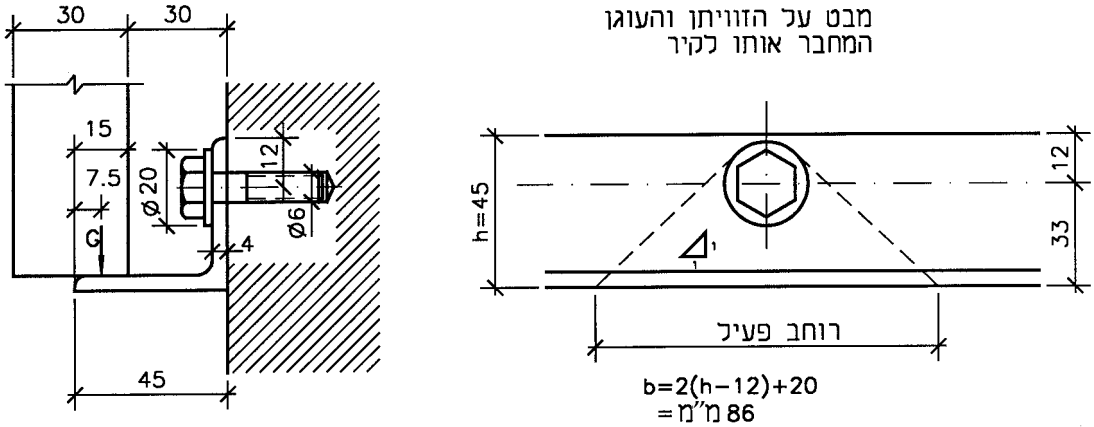
- מחשבים את המשקל האנכי של האבן ושל מחצית המלט שמאחוריה, כאשר ההנחה היא שמחצית המלט נדבקת לקיר ורק כמחציתה נישאת על ידי התמיכה, ובהנחה שגובה קומה = 3.20 מ' (4 לוחות אבן), כלהלן:

$$G = 3.20(3\times 26 + 3\times \frac{20}{2})10 = \text{3460 נ' למ'}$$

- מחשבים את מאמץ הכפיפה בזוויתן, כלהלן:

נניח שהזוויתן 4 × 45 × 45 (הוא גם הזוויתן הקטן ביותר המספק תמיכה לאבן מבחינת מידות גאומטריות, כשהמלט בעובי 30 מ"מ).

העוגן ימוקם כשצירו 12 מ"מ משפת הזוויתן העליונה (ראו ציור א-9).



ציור א-9

(המידות במילימטרים, הציור אינו מסורטט לפי קנה מידה)

מומנט הכפיפה באגף האופקי של הזוויתן, בהנחה שהמרחק בין כל שני עוגנים 300 מ"מ, יהיה:

רוחבי $M = 0.30 \times 3460 \times 35$ = 36330 נ' · מ"מ

אורכי $M = 0.30^2 \times 3460/8$ = 38.8 נ' · מ' = 38800 נ' · מ"מ

פעיל $Z = 86\times4^2/6$ = 229 ממ"ק

$R_v = 0.3\times3460$ = 1038 נ' לעוגן

$\sigma_s = 36330/229$ = 159 מגפ"ס

מסקנה: הזוויתן הדרוש הוא 4.5 × 45 × 45 (או שהעוגן יותקן כל 250 מ"מ).

הגזירה בזוויתן (בהתחשב בפינה המעוגלת):

$\tau_s = 1038/[2\times0.45(1.2-0.1)]$ = 1048 נ' לסמ"ר = 10.5 מגפ"ס << τ מותר

הריאקציה האופקית והאנכית בעוגן (בזוויתן המוגדל):

$R_h = R_v 35/33$ = 1100 נ'

R_v = 1038 נ'

מסקנה: דרוש עוגן אמין, ולפי קטלוג היצרן יספיק עוגן בקוטר 10 מ"מ החודר 80 מ"מ לבטון בקורה או בתקרה.

הערה:

מחשבים חישובים דומים לגבי כוחות הנובעים מעומסי הרוח <u>המוגברים</u> בקרבת פינות הבניין בכל הכיוונים. הדבר יתבטא לפחות בתוספת ווים ללוחות האבן ובהקטנת המרחקים בין העוגנים המחברים את הרשת ואת הזוויתן לקיר.

נספח ב- המלצות למניעת שיתוך הנגרם ממגע בין מתכות

(למידע בלבד)

טבלה ב-1- המלצות למניעת שיתוך הנגרם ממגע בין מתכות שונות

המתכות	ברונזה-אלומיניום וברונזה צורנית	ברונזה זרחתית	נחושת	פלב"ם	פלדה רכה	יצקת ברזל	אלומיניום	אבץ
ברונזה-אלומיניום וברונזה צורנית	-	0	0	1	x	x	x	x
ברונזה זרחתית	0	-	0	1	x	x	x	x
נחושת	0	0	-	1	x	x	x	x
פלב"ם	1	1	1	-	x	x	x	1
פלדה רכה	x	x	x	x	-	1	x	x
יצקת ברזל	x	x	x	x	1	-	x	x
אלומיניום	x	x	x	x	x	x	-	1
אבץ	x	x	x	1	x	x	1	-

מקרא לטבלה:

0 - ניתנים לשימוש במגע בכל התנאים.

1 - ניתנים לשימוש במגע רק בתנאי יובש (כלומר, בתוך יציקה או בתוך חלל מעל מפלס שכבת איטום, למעט במקרה שהחלל מיועד לניקוז חופשי).

x - לא ניתנים לשימוש במגע.

נספח ג- סטיות מותרות בפני החיפוי

(נורמטיבי)

הסטיות המקסימליות המותרות מהתכנון יהיו כמפורט להלן:

א. הסטייה מהאנכיות של פני החיפוי לא תהיה גדולה מ- $8 \times \sqrt{h/3}$ לכל גובה החיפוי כאשר h = גובה הקיר המחופה (מ').

ב. הסטייה מהקו האופקי הנמדדת במישקים האופקיים לא תהייה גדולה מ- $5 \times \sqrt{l/3}$ כאשר l = אורך הקטע הנמדד (מ').

ג. הסטייה מהמישוריות של פני החיפוי באבנים נסורות לא תהייה גדולה מ-3 מ"מ לאורך סרגל של 2 מ'.

ד. הסטייה המקומית במישק בין שתי אבנים נסורות סמוכות לא תהייה גדולה מ-1 מ"מ.

טיוטה

נספח ד – ריכוז הבדיקות הנדרשות במהלך עבודת החיפוי

(למידע בלבד)

<u>בדיקות לפני עבודת החיפוי</u>

תיעוד עצמי

- ☐ אישור מבחינה אדריכלית והנדסית לבדיקה החזותית של קיר אב-טיפוס;
- ☐ קיום תוכניות ביצוע וחישובים הנדסיים העוסקים בעבודת החיפוי;
- ☐ קיום איטום קיר הרקע כמפורט בתקן זה בסעיף 4.4.5 ;
- ☐ בדיקת סטיות קיר רקע כמפורט בסעיף 4.4.4.;
- ☐ התאמת כל החומרים המשמשים לחיפוי למפורט בפרק ב - חומרים בתקן זה.

בדיקות מעבדה

- ☐ תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת לתוצאות חוזק הלחיצה של המלט והבטון בהתאם לדרישות תקן זה בטבלה 1;
- ☐ תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת למידת התאמת האבן לפרטי ההזמנה ולדרישות ת"י 2378 חלק 1 הדן באבן טבעית;
- ☐ תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת למידת ההתאמה של החומרים ורכיבים למילוי ואיטום מישקים לדרישות התקן המפורטות בסעיף 2.1.6;
- ☐ תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת למידת ההתאמה של הרשתות לעיגון ואבזרי המתכת לדרישות תקן זה (סעיפים 2.1.2-2.1.3).

<u>בדיקות במהלך החיפוי</u>

תיעוד עצמי

- ☐ בודקים שהרשת מעוגנת לקיר הרקע כנדרש בסעיף 4.5 הדן בעיגון רשתות לקיר הרקע;
- ☐ בודקים שהעוגנים מתאימים לרשת כנדרש בסעיף 2.1.4 הדן באבזרי קיבוע;
- ☐ בודקים שהקדחים באבן מתאימים לנדרש בסעיף 4.7.3 הדן בקדחים;
- ☐ בודקים שהווים לקיבוע האבן לרשת מתאימים לנדרש בסעיף 4.8 הדן בווים לקיבוע האבן;
- ☐ בודקים שמידות הזוויתן (רוחב שני האגפים והעובי) מתאימות לתוכניות הביצוע או לתכנון ההנדסי. בודקים שאופן חיבור הזוויתן לקיר מתאים למפורט בסעיף 4.6 הדן בחיבור זוויתנים;
- ☐ בודקים שעובי שכבת המלט או הבטון מתאים לנדרש בסעיפים 4.1.1 הדן בשיטת ההרכבה או 4.1.2 הדן בשיטת הבנייה, תלוי בשיטת החיפוי;
- ☐ בחיפוי הנעשה בשיטת הבנייה, בודקים שיציקת המלט נעשית כמפורט בסעיף 4.1.2 הדן בשיטת חיפוי זו;
- ☐ בדיקת איכות ביצוע - בודקים שהבדיקה תתבצע בסמוך למועד ההרכבה (כשהמלט רטוב). בודקים באופן אקראי בכל 300 מ"ר את מערכת הווים המחברים את האבן לרשת, בודקים את כמות הווים, את מיקום הווים, את כמות המלט ואת אופן מריחתו;
- ☐ בודקים בבדיקה חזותית אם הקיר המחופה מתאים לנדרש בסעיף 5.2.3.1.

בדיקות מעבדה

- תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת לבדיקת כוח השליפה של עוגני הרשת מתוך קיר הרקע כמפורט בסעיף 5.2.2.2;
- תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת לעמידות עוגני הזוויתנים בשליפה כמפורט בסעיף 5.2.2.2;
- תעודת בדיקה של מעבדה מוסמכת למין הפלב"ם של אבזרי הקיבוע השונים כמפורט בסעיף 5.2.2.2.

<u>בדיקה בגמר עבודת החיפוי</u>

- בדיקה חזותית של החיפוי (תיעוד עצמי);
- קיום תעודות הבדיקה השונות המפורטות לעיל.

טיוטה