

לקחים מאירוע שריפה

מצגת זאת מורכבת משני חלקים:

חלק א' - מתאר מחדל בטיחותי של העדר הפרדה בין מחסן ובית מתקן ייצור אשר מעטפתו בנוייה מפנלים עם בידוד פוליאוריתן ומראה את התוצאות.

חלק ב' - מתאר שיטות לבדיקת קונסטרוקציית פלדה וציוד בנוי מפלדת אל-חלד שהיה חשוף לאש בעלת טמפרטורה גבוהה.

דן ארבל הנדסת סיכונים ושמאות בע"מ

מחדלים בטיחותיים אשר גרמו לנזק אש כבד

חלק א'

1. נתונים:

- I.** מחסן לשקים של עמילן, על מדפים, גובה עד 7 מ'.
- II.** שטח: 1000 מ"ר, גג חד-שיפועי, גובה 8 עד 10 מ'.
- III.** מבנה ייצור, שטח 300 מ"ר, גובה 25 מ', מצפון למבנה המחסן

2. חומרי מבנה:

- I.** המחסן: קירות בלוקים, גג אסבסט על מסגרת ברזל.
- II.** מבנה הייצור: פלדה, כיסוי קירות וגג מפנלים סנדביץ מבודדים פוליאוריתן עם פח פלדה מכל צד (בצד הפנימי- אל-חלד).

3. הפרדה:

- I.** קומת הקרקע – קיר בלוקים עם פתחים ללא דלתות אש.
- II.** מעל גובה קיר המחסן, פנלים פוליאוריתן כאמור.

4. הגנות אש:

- I.** ברזי כיבוי ומטפים.
- II.** אין מתזים במחסן.
- III.** במבנה הייצור - מתזים רק במפלס הקרקע בחדר מילוי ואריזה.
- IV.** במחסן – גלאים מטיפוס אינטרקטיבי, מסנן עשן מלגזות. מסתבר שגם מסנן עשן של עמילן...

5. נוהל עבודות חמות: קיים ומופעל.



התוצאות



התוצאות



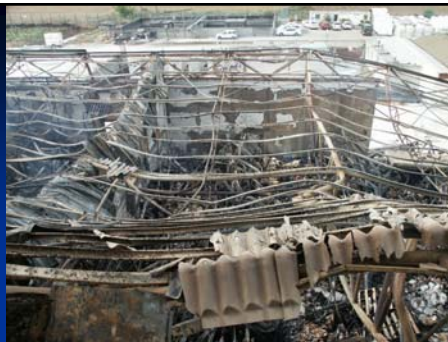


חוסר הפרדה בין מחסן ובין מתקן ייצור.

במפלס הקרקע - מחיצת קיר בלוקים עם פתחים לא מוגנים בין המחסן לבין חדרי אריזה במבנה הייצור.

מעל גובה 5 מ', קיר מפנלים פוליאוריתן בעירים.

במבנה הייצור, בידוד הפוליאוריתן נשרף גם בקיר הפונה למחסן וגם בקיר הנגדי.



בתמונה משמאל - מחסן צד מערב בתמונה למטה - מחסן צד מזרח.



בקצה הדרומי הרחוק, פירקו מרזב תוך חיתוך עם מבער גז.

אירוע השריפה

- I.** ממש במהלך חיתוך מרזב, אירעה "הבזקה" (Flash Fire).
- II.** תהליך החיתוך בוצע לאחר הודעת "אישור עבודות חמות".
- III.** בקטע המחסן בו אירע האירוע, לא פעלו הגלאים. הם "לא הכירו את סוג האש של עמילן". פעלו גלאים רחוקים יותר אשר הכירו את סוג האש של נייר האריזה.

אירוע השריפה (המשך),

- IV.** פעולות הכיבוי החלו מייד.
- V.** הודעה לשירותי הכיבוי 7 דקות ממועד הפעלת רכזת הגילוי. 8 דקות נוספות עד שהגיע רכב הכיבוי הראשון, דבר הנובע מחוסר אימון במצבי חירום.
- VI.** בראייה לאחור, פעולות הכיבוי הועילו למניעת נזקים למערכות שכנות, אך לא לבניין המחסן ולבניין הייצור הסמוך.

מסקנות:

- I.** הייתה תובנה מוטעית ששקי עמילן אינם סיכון אש של ממש. בפועל, השקים הפיקו מספיק אנרגיה על מנת להרוס את המבנה.
- II.** שינוע השקים היה מלווה בפליטת אבק.
- III.** היה אומנם נוהל "עבודות חמות", אבל מלבד הנוהל דרושה תפיסת סיכון. התייחסו לעבודה כאילו עבודה חיצונית, אבל הגיצים הותזו פנימה.

מסקנות (המשך)

- IV.** העדר הפרדת אש בין המחסן ובין מבנה הייצור הוא האלמנט הקריטי.
- V.** צריך להבין שפנלים פוליאוריתן בוערים.
- VI.** מערכת מתזים בחדר מילוי ואריזה לא פעלה בשל מגוף סגור אשר אובטח בשרשרת במצב סגור !!!
- VII.** היתרון של לוחות אסבסט צמנט בגג הוא שהלוחות מתפוררים בשלב ראשון של השריפה וכך משחררים את החום המצטבר בפנים. לעומת זאת, סילוק הפסולת של האסבסט צמנט עולה בממון שווה ערך לעלות הקמת מחסן חדש.

מסקנות לסוקרים

1. **הפרדות:** להפרדה בין מחסן ושטחי ייצור יש חשיבות רבה.
2. **חומרי מבנה:** מעטפת מבנה הבנויה מפנלים של פוליאוריתן עלולה לגרום לאובדן כללי של המבנה בחשיפה למטען אש חיצוני.
3. **תכולה:** חומר אורגני הוא בעיר, אבק הוא פציץ. יש לבחון היטב אם השינוע של השקים והנחתם מלווה בפליטת אבק.
4. **הגנה על הרכוש:** מתדים אוטומטיים, הפתרון הטוב ביותר בפרט אם קיימת חשיפה של אמצעי ייצור.
5. **נוהל עבודות חממות:** קיום נוהל לא מבטיח חסינות מפגע עבודה חמה. זכורני אירוע שריפת מגדל קרור גדול בחיפה כימיקלים עם התר עבודה חמה. הרי מגדל כזה מזוהה עם הצפה במים. ההיתר אינו טוב יותר ממידת ההבנה והאימון של האחראי לעניין.
6. **ברז מתדים סגור:** יש לבדוק קיום התראת "רגש זרימה", אם המגוף **פתוח** ונעול בשרשרת וגם רצוי קיום של "Tamper Switch".

תמונות מהאתר השרוף



תמונות הרס



הבעירה נמשכה מעל 24 שעות





**מחסן
צד
מערב**



כאן חתכו את המרזב עם מבער גז

**מחסן צד
מזרח.**

**בקצה
הדרומי
הרחוק,
פירקו
מרזב תוך
חיתוך עם
מבער גז.**

הקיר הדרומי של מתקן הייצור גובל עם המחסן.
הקיר בנוי מפנלים פוליאוריתן על מסגרת פלדה.



**קיר דרומי
כל הבידוד
בתוך
הקירות
נשרף. נותרו
פחים
מרוקנים.**

הצד התחתון של הקיר הוא למעשה הקיר של המחסן

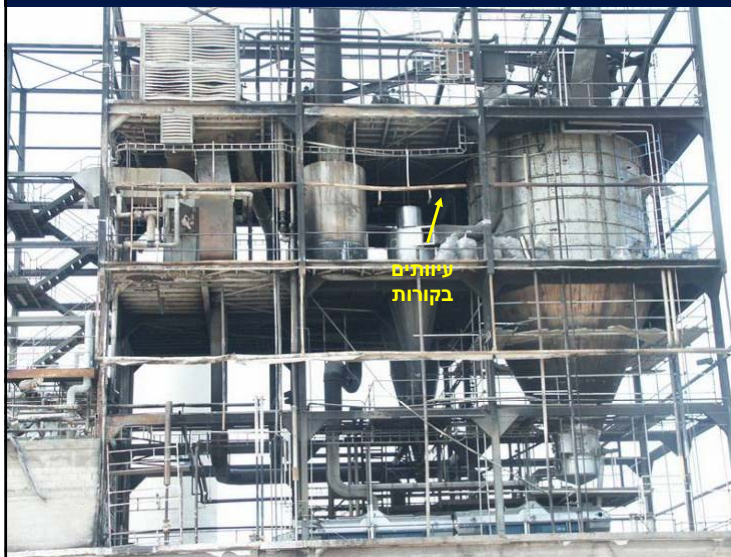


**קיר צפוני
(נגדי)-**

**בידוד
פוליאוריתן
שרוף בתוך
הפנלים**



צד דרום



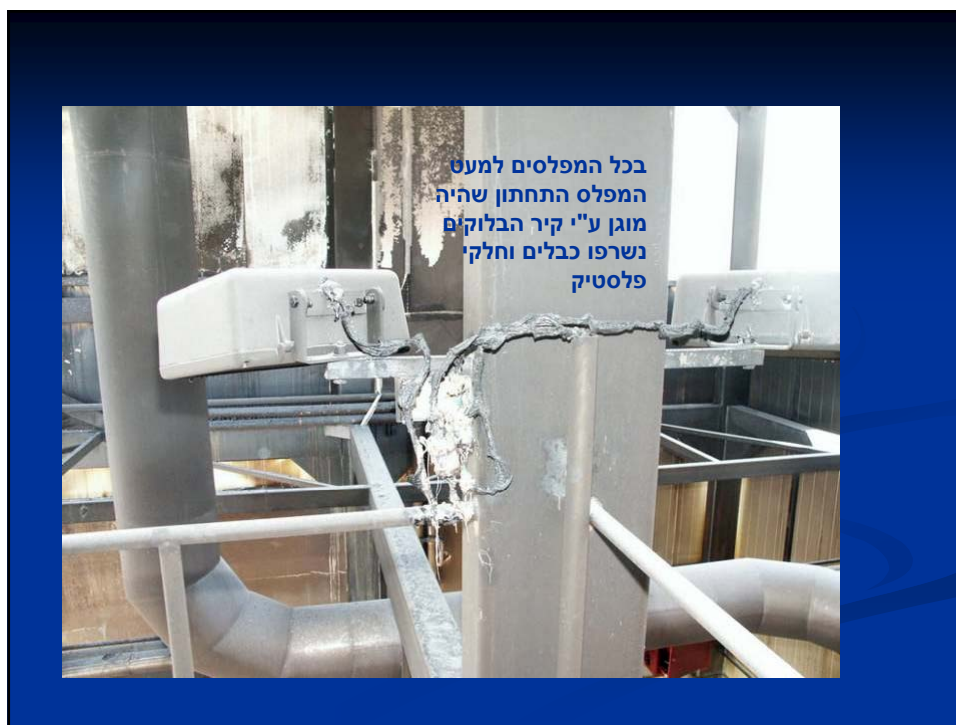
הקורות
העיקריות של
השלד לא
התעוותו
בניגוד לקורות
ביניים אשר
החתך שלהם
וכושר ספיקת
החום שלהם
יותר קטן.



בתוך המבנה,
נשרפו כבלים
חשמליים שהיו
קרובים לקירות
החשופים.

חלקי פלסטיק או
בידוד בתוכי
המבנה נשרפו או
נמו

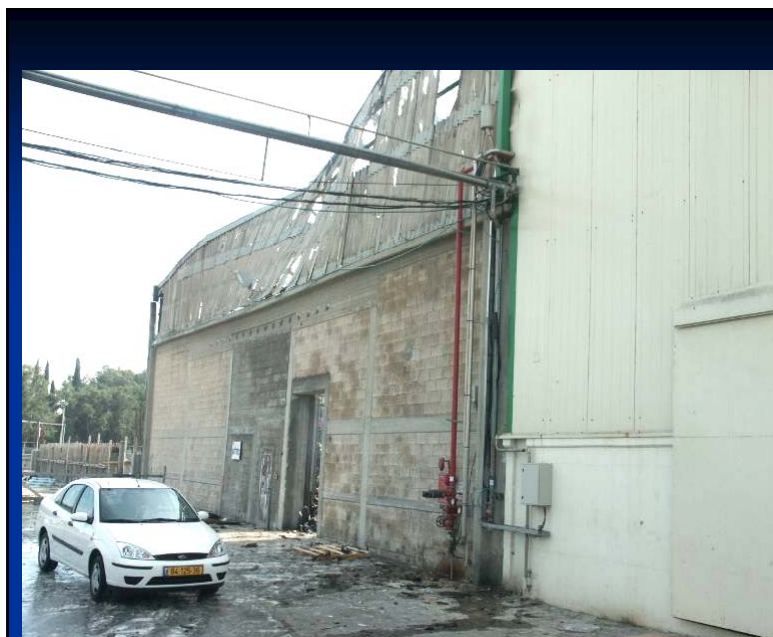
פינה דרום-
מערבית בצד
הפנימי מראה
את האיזור שהיה
החשוף ביותר
לחום



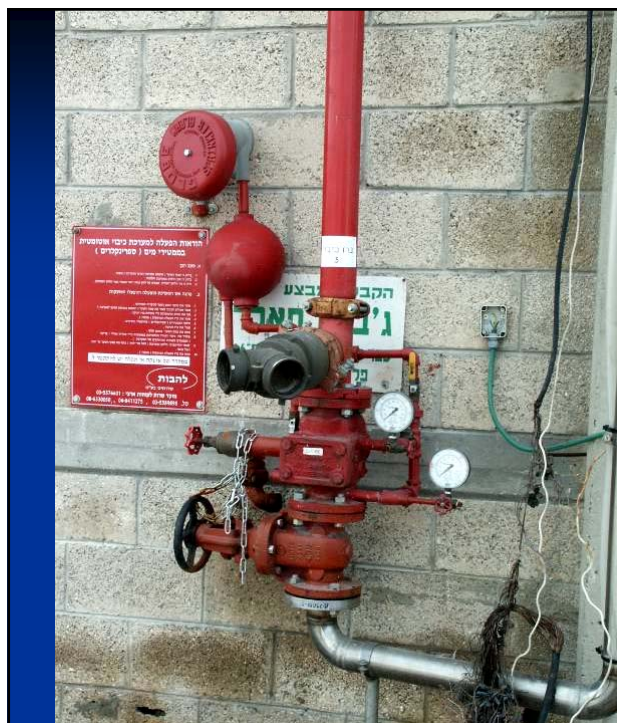


בדיקה של ציוד
נירוסטה שהיה חשוף
לחום הבעירה של
המעטפת, ממש קרוב
לפנלים עם בידוד
פוליאוריתן שבער.

שיטת הבדיקה ע"י
רפליקה, העלתה שלא
נגרם נזק לפלדה.



תחנת
התרעה
של
מערכת
מתזים
אשר
הותקנה
בחדרי
אריזה
במפלס
הקרקע.



מגוף המערכת היה
אומנם נעול
בשרשרת לפי
"הוראות שירותי
הכבאות"

אולם, הנעילה
הייתה על "ברז
סגור" !!

חלק ב'

השפעה של חום האש על
הקונסטרוקציה של המבנה
ועל חומר המבנה של הצידוד

דן ארבל הנדסת סיכונים ושמאות בע"מ

פרק א' - הקדמה

נתונים:

- I.** מדובר בקורות פלדה מרובעות חלולות (RHS) – צינורות בעלות חתך מרובע, עובי 10 ו- 12 מ"מ.
- II.** הפלדה BS EN 10025 Grade S355.
- III.** חוזק לכניעה – 35 ק"ג לממ"ר, חוזק משיכה - 49-63 ק"ג לממ"ר, התארכות 20% לפחות.

נתונים (המשך):

- IV.** הפלדה חזקה מפלדה רגילה בשל תוספות קטנות כגון ואנדיום ונוביום.
- V.** כאשר הפלדה מתחממת מעל 600°C , צפוי אובדן מסוים של תכונות מכניות.
- VI.** בחשיפה לאש, הפלדה החזקה יותר מאבדת מתכונותיה יותר מאשר פלדה רגילה.

שימוש מחדש של פלדה שהייתה נתונה לאש:

- I.** מקובל לחשוב שאם האלמנט הקונסטרוקטיבי לא התעוות אז הפלדה ראויה לשימוש.
- II.** הסיבה לכך היא שבטמפ' 600°C , החוזק של הפלדה לא עולה על 40% מהחוזק בטמפ' הסביבה. אם לא נגרמו עיוותים תחת עומס בהיותה כה מוחלשת, חזקה עליה שניתן יהיה לחזור ולהשתמש בה אשר היא מחדשת את כוחה.
- III.** אולם, בהבחנה זו יש להיזהר, כי לא תמיד העומס המתוכנן בא לידי ביטוי בעת השריפה.

שימוש מחדש של פלדה שהייתה נתונה לאש (המשך):

IV. לכן, מקובל לבצע בדיקות קשיות כדי לבחון התרככות של החומר ביחס לקטעים שלא היו חשופים לחום.

V. לגבי הפלדה דנן, Grade S355, מומלץ גם לקחת דגימות מהאזור שהיה חשוף לחום האש אשר בדיקתן תאפשר לקבוע אם יש שינוי העולה על 10% ביחס למינימום הנדרש.

גישת המתכנן

המתכנן קבע שיש לפסול את הקונסטרוקציה מאחר שהיא הייתה חשופה לטמפרטורה גבוהה של 1000°C ומחמת קיום מאמצים שאריתיים לאחר הקירור, העומס הנורמלי אשר מתווסף למאמצים שאריתיים אלה יכול לגרום לקריסת הקונסטרוקציה.

התייחסות לגישת המתכנן -1

לא קבלנו את גישת המתכנן, אלא בצענו את הצעדים המומלצים ע"י יצרני הפלדה COROUS מבריטניה.

עניין המאמצים השאריתיים אינו רלוונטי, מאחר שבין כה וכה במבנה עתיר ריתוכים, נותרים באיזור הריתוכים מאמצים שאריתיים באיזור נקודת הנזילה (Yield Point). יש לזכור שבתהליך הריתוך, יש התכה של הפלדה דבר הקורה בטמפרטורה גבוהה בכמה מאות מעלות מהטמפרטורה שמגיע אליו החומר בעת שריפה.

התייחסות לגישת המתכנן - 2

קודי הבנייה למיניהם לא לוקחים בחשבון את המאמצים השאריתיים הנותרים באיזורים המרותכים, מכיוון שלאחר סיום הריתוך וקירור החומר, הקונסטרוקציה מחלקת את העיוותים/מאמצים ברחביה עד שהכל מתאזן. עצם היות הפלדה בנקודה זו או אחרת במאמצים שאריתיים גבוהים אינה משמעותית. בין כה וכה יש הרבה עוצמה בפלדה גם מעבר לנקודת הנזילה.

התייחסות לגישת המתכנן 3

נראה לנו שהמתכנן מתייחס למאמצים שנותרים אחרי חשיפה לחום אש והתקררות בתום האירוע **בצורה אחרת** מאשר למאמצים הרבה יותר גבוהים אשר נוצרים בתהליכי ריתוך. הגישה הזו נובעת מסיבה פסיכולוגית של אי ודאות.

תהליכי ריתוך מותרים. הקודים לא מתייחסים למאמצי הריתוך כי זה לא כל כך חשוב.

הקודים לא מתייחסים למאמצים הנגרמים ע"י חום אש מכיוון שהם לא מתמודדים עם המצב הזה בכלל. בהתאם לכך גם המתכנן לא יודע להתמודד עם אי ודאות זו, לכן מה יותר קל מלפסול הכל?

מסר לגבי חוות דעת מתכנן

מרבית המוסמכים להנדסת בניין לא עברו קורסים בקשר לשאלה, "מה קורה לפלדה לאחר שריפה". צריך איפוא לקחת בחשבון שכאשר מבקשים חוות דעת מקונסטרוקטור, הוא לא יודה בכך שהוא לא למד את התחום הזה, אלא ייתן חוות דעת שאינה ראוייה לנסיבות.

באופן זה, עלול משך השיקום להתארך. הנזקים שיירשמו בתחום הפיזי והתוצאתי יהיו גדולים יותר מאלה שמתחייבים מהמצב בפועל.

פרק ב' - פעולות שבוצעו על מנת לבדוק את הקונסטרוקציה

- I.** הוגדרו על ידינו האזורים של הקונסטרוקציה אשר סבלו יותר מחום האש.
- II.** באזורים המוגדרים בוצעה בדיקה ללא הרס באמצעות Replica.
- III.** פעולה זו מבוצעת ע"י ליטוש פני השטח של הפלדה בעזרת "חומצה ניטלית" (תערובת של כ- 10% חומצה חנקתית ו- 90% מתנול). אז מניחים על השטח סרט אצטלי רך ובאופן זה מקבלים את "טביעת האצבע של החומר". הדבר מאפשר אבחון מצב הגרעינים בעזרת מיקרוסקופ.

פרק ב' - פעולות שבוצעו על מנת לבדוק את הקונסטרוקציה

- IV.** בעזרת הטכניקה אפשר לקבל מדד של שיעור ההתחממות של החומר.
- V.** ביצוע בדיקות קשיות השוואתיות.
- VI.** ניסור דגימות מהאזור החשוף ביותר והשוואת תכונות החומר מול דגימה ניטרלית אשר לא הייתה חשופה לחום.
- VII.** בדיקה של העיוות של הקונסטרוקציה לאחר השריפה. אפיון של העיוותים על פני כל המבנה והשוואת תזוזות באזורים שהיו חשופים לאש מול אזורים שלא נחשפו.

פרק ג' - מסקנות

כל הבדיקות העלו שלא נמצאה שום חריגה באזורים שהיו חשופים לאש ביחס לאזורים שלא היו חשופים.

כמו כן, נמצא שפלדה אל-חלד אשר ממנה בנוי הציוד – לא אבדה את תכונותיה.

זאת למרות שנמצאו עיוותים משמעותיים באלמנטים קונסטרוקטיביים קלים ביחס לאלמנטים של השלד ולמרות שנמצא לפי אנליזה של הרפליקות טמפרטורות בתחום של 800C-1000C.

בדפים הבאים נציג את חלק מתוצאות העבודה של המטלורג – איקה הנדסת חומרים מחיפה.

תוצאות בדיקה במבנה

בתמונות הבאות אנו נציג את התוצאות שהתקבלו מניתוח מצב החומר בטכנולוגיית ה-Replica.

בנוסף לטכנולוגייה זו, בוצעה בדיקות קשיות על הפלדה של הקונסטרוקציה באזורים רבים שהיו חשופים לאש מול איזורים שלא היו חשופים.

לבסוף בצענו בדיקה השוואתית של דגמים שנחתכו ממקום שהיה חשוף ביותר לאש לעומת דגמים שנחתכו ממקום שלא נחשף לאש.

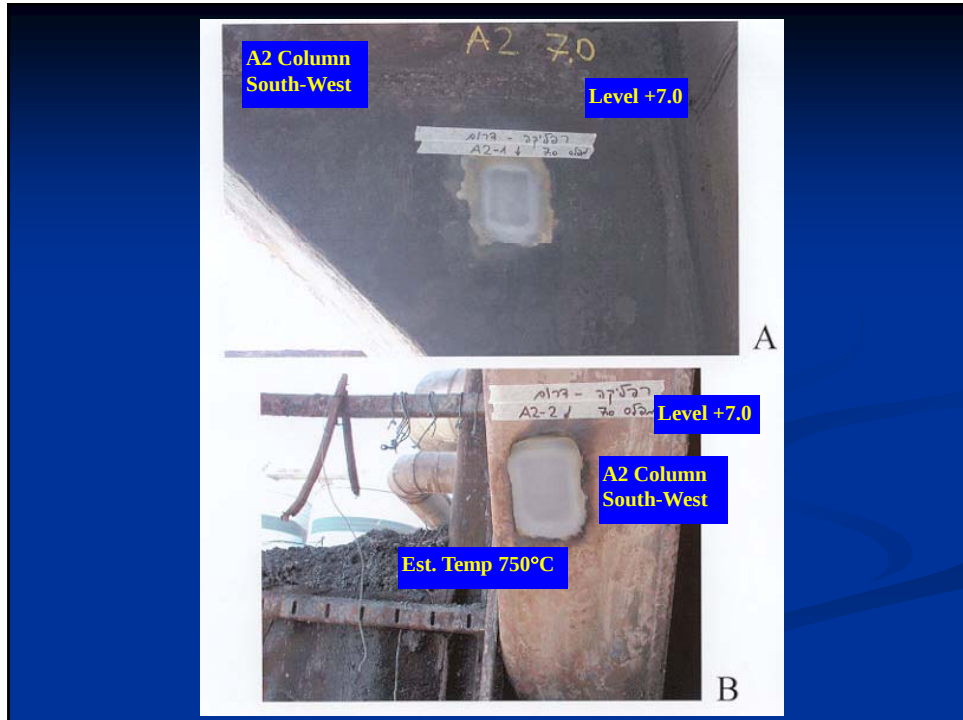
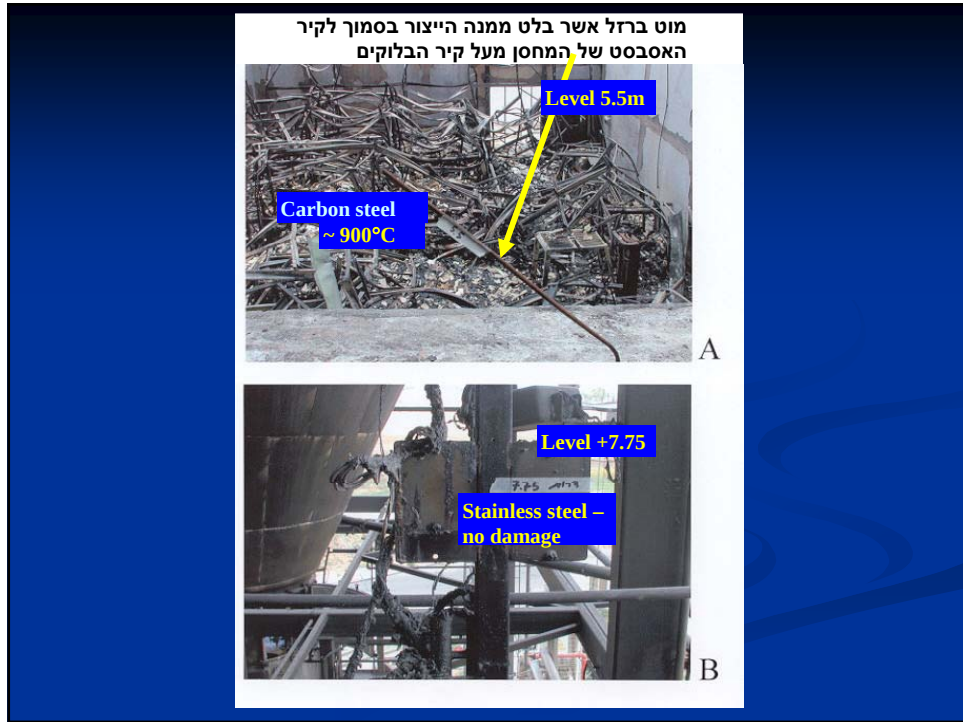
לא נמצא הבדל משמעותי.

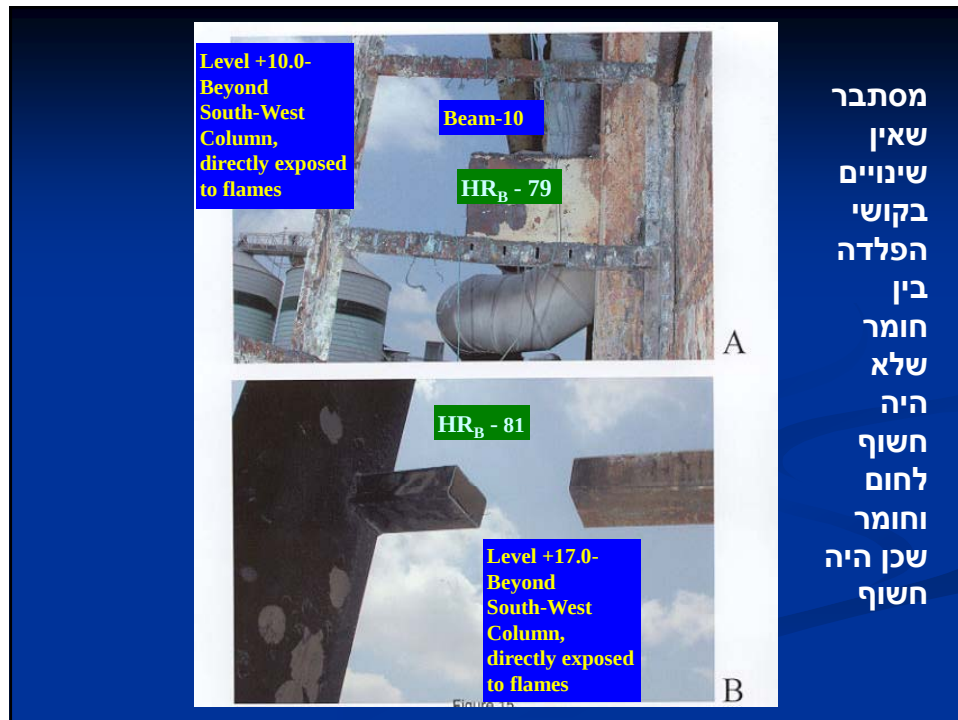
מדידת סטיות במבנה לא העלתה ממצאים חריגים.

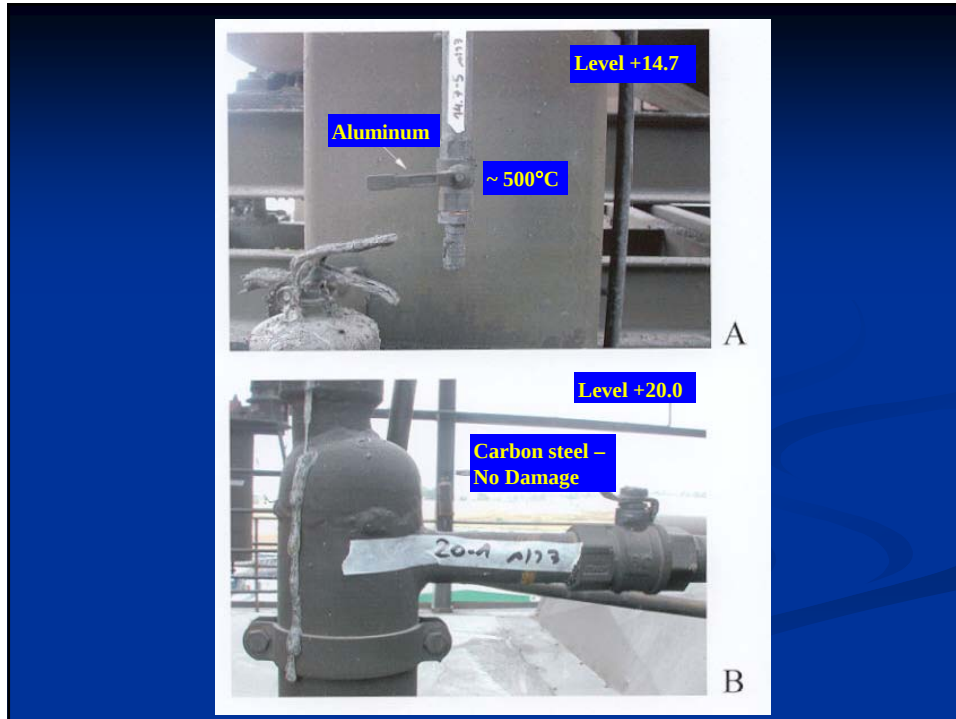


גובה +5.0, אין חשיפה לחום, קושי נמדד ב-75HR

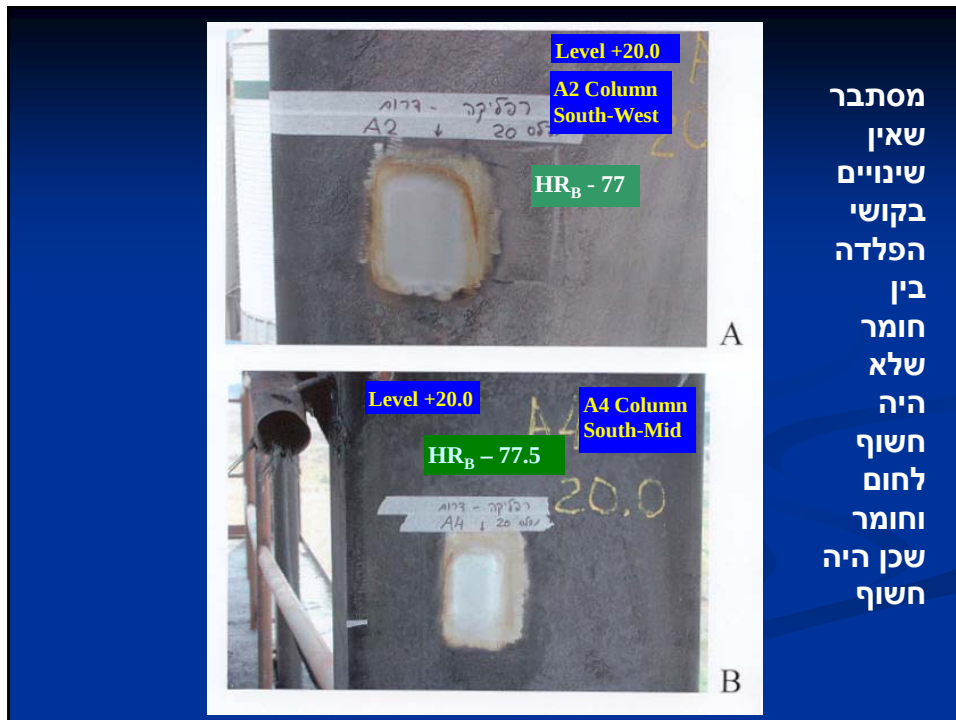








לא נמצא
שינוי
בגרעיניות
של פלדת
אל-חלד
שמשה
לבניית
הציוד



מסתבר
שאין
שינויים
בקושי
הפלדה
בין
חומר
שלא
היה
חשוף
לחום
וחומר
שכן היה
חשוף



מסקנות לשמאים

1. קונסטרוקציית פלדה החשופה לאש עלולה להינזק ואפשר גם שלא תינזק.
2. מרבית הקונסטרוקטורים, אינם מיומנים בניתוח נזקי אש לפלדה. הם יימנעו מלהודיע שבעניין זה אין להם ניסיון. תהיה להם נטייה לפסול את הקונסטרוקצייה מטעמי "כיסוי ראש".
3. יש לאפשר לאנשים המיומנים בכך לבצע את האנליזות הדרושות.
4. אנו למדנו את סוג הפלדה, את משמעות החשיפה שלה לטמפרטורה, בצענו בדיקות קשיות השוואתיות, מדדנו את הסטיות של צמתות בכל רחבי הקונסטרוקציה, בחנו את מבנה הגרעינים של הפלדה בשיטת רפליקה ובדקנו את התכונות המיכניות של מדגם קיצוני.
5. צעדים אלה אפשרו לנו להגיע למסקנות ברורות.