



1

מטרות לימוד

- הסבר כיצד להפיק שרטוטים טובים יותר המספקים את המידע הנדרש לתכנון מחברים באופן בטוח ויעיל.
- תאר את חשיבות התקשורת בתהליך התכנון המואצל, ואת התוצאות השליליות העלולות לנבוע מתקשורת לקויה.
- זהה שיטות עבודה מומלצות להגדרה והאצלה של סוגי מחברי בגזירה, מומנט ומחברי אלכסונים.

2

סקירת נושאים

- סקירה כללית של תכנון מחברים ע"י מהנדסים שלא תכננו את המבנה
- דרישות הפרקטיקה
- כיצד תעשיית הדיטאילים (Detailing) ותכנון המחברים ע"י משרדים אחרים פועלת כיום
- שרטוטים קונסטרוקטיביים
- תקשורת
- בעיות מחברים נפוצות וטיפים

מהי האצלת תכנון מחברים? (תכנון ע"י משרדים אחרים)

- למהנדס המבנה האחראי יש אפשרות לאצול את תכנון מחברי הפלדה.
- תכנון מחבורים ע"י משרדים אחרים מועיל כאשר הוא מתבצע כהלכה, ועלול להזיק כאשר אינו מתבצע נכון.
- הנושא מוסדר פרקטית בתעשייה

מהו האצלת תכנון מחברים? (תכנון ע"י משרדים אחרים)

יתרונות

- מאפשר ליצרן להשתמש במחברים מועדפים.
- מחברים יעילים וחסכוניים יותר אם מסופק המידע הנדרש בתוכניות.
- מעורבות של מהנדס מחברים בעל ניסיון ומומחיות בתכנון מחברים.

מהו האצלת תכנון מחברים? (תכנון ע"י משרדים אחרים)

חסרונות

- מידע לא מספיק גורם להצעות מחיר נמוכות או גבוהות מהנדרש.
- מוביל לשינויים בהזמנות.
- פערים בתקשורת ובהגדרת היקף העבודה.
- אם אינו מבוצע כראוי, עלול להוביל למבנה בלתי תקין.
- דרישות הפרקטיקה אינן מתקיימות על ידי המהנדס שתכנן את המבנה.

דרישות הפרקטיקה

דרישות לתכנון מחברים

- אפשרות 1: תכנון המחבר כפי שמוצג בשרטוטים
- אפשרות 2: מחבר שנבחר על ידי הדיטאלר של הפלדה
- אפשרות 3: מחבר שתוכנן על ידי מהנדס מורשה העובד עבור המשרד שמתכנן המתקין/היצרן
- מהנדס המבנה יציין את האפשרות 1, 2 או 3 עבור כל מחבר.

המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

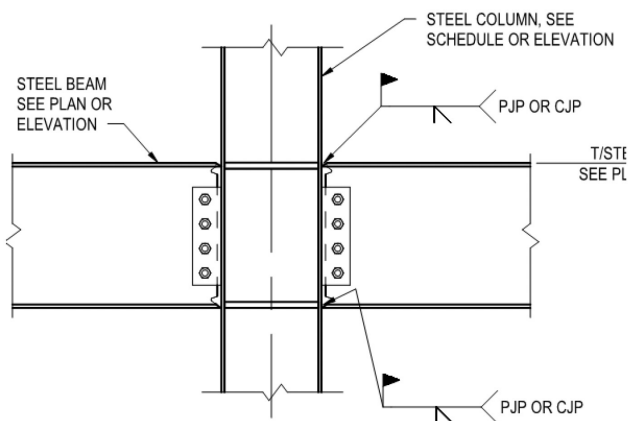
7

7

דרישות הפרקטיקה

דרישות אפשרות 3:

- יש לספק ריאקציות כולל כוחות גזירה, מומנטים, כוח צירי (אלכסונים ומסבכים) וכוחות טרנספורמציה.



המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

8

8

דרישות הפרקטיקה

דרישות אפשרות 3:

- מהנדס המבנה הוא הסמכות הסופית בנוגע למחברים
- על מהנדס המבנה לבדוק ולאשר את תכנון המחברים
- מהנדס המבנה הוא אחראי על תכנון מבנה ומחברים בטוחים!

תכנון מפורט (דיטאלינג) ותכנון מואצל

- היצרן אחראי על תכנון מחברים מואצל
- מתכנן המחברים מועסק על ידי היצרן או הדיטאלר
- השרטוטים הקונסטרוקטיביים נבדקים על ידי הדיטאלר ומתכנן המחברים

תכנון מפורט (דיטאלינג) ותכנון מואצל



מתכנן המחברים מגיש מידע (RFI) או מתקשר\מתכתב עם מהנדס המבנה



מתכנן המחברים מספק מפת דרכים לפרטים

המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

11

11

תכנון מפורט (דיטאלינג) ותכנון מואצל

-הדיטאלר יתחיל בבניית הדיטאלינג מודל

-Tekla ו- SDS2 הן תוכנות הדיטאלינג הנפוצות

-תכנון המחברים עשוי להתבצע על ידי הדיטאלר באמצעות תוכנת הדיטאלינג.

המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

12

12

תכנון מפורט (דיטאלינג) ותכנון מואצל

- חיבורי גזירה יכולים להיתכנן על ידי הדיטאלר באמצעות תוכנת הדיטאלינג
- מחברי אלכסונים, מומנט ומחברים מורכבים מתוכננים על ידי מתכנן המחברים

(דיטאלינג) ותכנון מואצל תכנון מפורט

- הדיטאלר מיישם את התכנונים של מתכנן המחברים ומשלים את תוכניות השופדראונג.
- מתכנן המחברים בודק את תוכניות השופדראונג ואת החישובים שהכין הדיטאלר, ומספק הערות ותיקונים לדיטאלר.
- תוכניות השופדראונג הסופיות נבדקות על ידי מתכנן המחברים.
- מתכנן המחברים מספק את מסמכי תכנון המחברים חתומים.

תכנון מפורט (דיטאלינג) ותכנון מואצל

הגשת תכנון המחברים

- מכתב חתום וצירופות של חישובים.
- המכתב מאשר את השרטוטים הקונסטרוקטיביים ששימשו, את תחום העבודה, ואת האימותים ו/או השאלות למהנדס המבנה.
- המכתב צריך לאשר שתוכניות השופדראונג משלבות כראוי את תכנון המחברים. מהנדס המבנה לא אמור לאשר את ההגשה ללא אישור זה.
- על מהנדס המבנה לא לדרוש חתימה על תוכניות השופדראונג ממתכנן המחברים.

המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

15

15

תכנון מפורט (דיטאלינג) ותכנון מואצל

- הגשת תכנון המחברים
- תכנון שהופק על ידי הדיטאלר עשוי להכיל טעויות, ויש לבדוק על ידי מתכנן מחברים מנוסה. טעויות נפוצות הן:
 - אי עמידה בדרישות המשיכות של התקנים (לרעידות אדמה)
 - ריתך פלטת גזירה שאינן עומדות בדרישה של עובי הפלטה
 - זוויתנים כפולות ויחידות מרותכות לכל רוחב החלק העליון

המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

16

16

שרטוטים ותקשורת

המסכן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

17

17

שרטוטים ותקשורת

- התקשורת חשובה ביותר אך היא החלק המוזנח ביותר בתהליך
- מתכנן המחברים הוא חלק מצוות התכנון ויש לספק לו את המידע המתאים כדי שיוכל לבצע את התכנון שלו.
- התקשורת כוללת שרטוטים קונסטרוקטיביים, בקשות מידע (RFI), פגישות מקוונות, שופדראונג, והגשת תכנון המחברים.

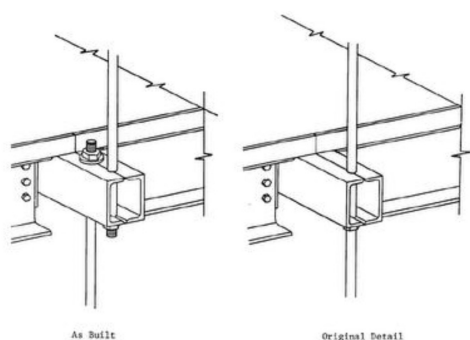
המסכן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

18

18

שרטוטים ותקשורת

- תקשורת לקויה עלולה להוביל לבעיות ולתוצאות הרות אסון.
- קריסת גשרי המעבר במלון הייאט ריג'נסי.



המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

19

19

שרטוטים ותקשורת

- תקשורת מצוינת תאפשר פרויקט מוצלח ותשפר את המוניטין שלך ושל משרדך.
- מרבית השליליות הקשורה לתהליך התכנון המואצל נובעת מנושאי תקשורת, מענה איטי וחוסר בגישת עבודת צוות.
- חתור לבדל את עצמך ואת משרדך על ידי מתן המידע המתאים בשרטוטים ועל ידי היותך מתקשר טוב.

המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

20

20

שרטוטים: היקף

מחברי יציבות

- קורה מעל עמוד
- מסגרת אלכסונים בצורת (Chevron)

המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

23

23

שרטוטים: ריאקציות

- ציין ריאקציות בשרטוטים שלך!
- אי ציון ריאקציות מוביל לתכנון מבני לא יעיל ולהגדלת עלויות הפרויקט.
- אל תשתמש בטבלאות תגובות כלליות לכל מצב.
- הצגת ריאקציות מאפשרת בקרה איכותית טובה יותר עבור מהנדס המבנה

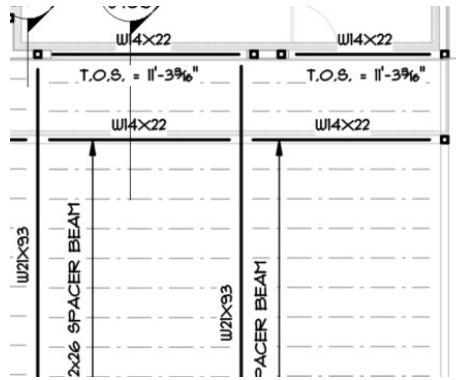
המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

24

24

שרטוטים: ריאקציות

- $\frac{1}{2}$ * העומס המפורס המרבי יכול לשמש כהערת ברירת מחדל, אך אין להשתמש בו כשיטה העיקרית להצגת ריאקציות.



- הסתמכות על הערה זו היא מסוכנת!
- למזלנו מתכנן המחברים גילה את הבעיה הזו.

המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

25

25

שרטוטים: ריאקציות

- אל תשתמש בטבלאות ריאקציות כוללניות.

$\frac{3}{4}$ " plate
(8) 1" A490 BOLTS
W18 BEAMS = 75k

Actual R = 35k
 $\frac{3}{8}$ " plate
(8) $\frac{3}{4}$ " A325 Bolts

140 Connections

NOMINAL STEEL BEAM SIZE	MINIMUM FACTORED REACTION (KIPS)
W8	15
W12	25
W14	40
W16	55
W18	75
W21	65
W24	100
W27	95
W30	120
W33	130
W36	140

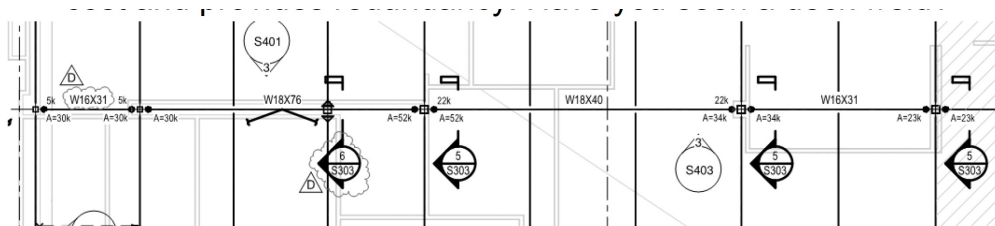
המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

26

26

שרטוטים: מהלך הכוחות

- זהה אלמנטים קולקטרים (Collectors) וציין **ריאקציות** ציריות
- זהו הכוח הצירי המועבר מקורה לקורה דרך עמוד.
- השתמש בקולקטרים (Collectors) גם אם אינך חייב. זה לא מגדיל את העלות ומספק יתירות.



המסכן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

27

27

שרטוטים: בקשות מידע (RFI) והתכתבויות

- מתכנן המחברים עשוי לשלוח בקשת מידע (RFI) כדי לסייע בתכנון שלו.
- מתכנן המחברים עשוי לבקש שיחת טלפון או פגישה מקוונת עם מהנדס הקונסטרוקציה.

המסכן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

28

28

שרטוטים: בקשות מידע (RFI) והתכתבויות

- אנא היו פתוחים לשיחה עם מתכנן המחברים.
- הוא כעת חלק מצוות התכנון ושיחה זו חשובה.
- לא הייתם מצפים מצוות תכנון פנימי במשרד לתקשר רק באמצעות דוא"ל, לכן הפעילו את אותה ההיגיון גם לגבי ההתכתבויות בין מהנדס הקונסטרוקציה לבין מתכנן המחברים.
- הדבר יחסוך לכולם זמן רב.

שרטוטים: בקשות מידע (RFI) והתכתבויות

- אפשר למתכנן המחברים להשתמש במחבר שונה מזה הסכמתי המוצג בשרטוטים הקונסטרוקטיביים
- סוג המחבר מוכתב על פי העדפת היצרן, וזהו לב העניין מדוע תכנון מחברים מואצל יכול להיות מועיל לפרויקט.

בעיות וטיפים במחברים

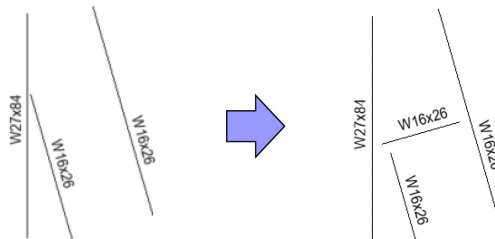
המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

31

31

מחברי גזירה

- הימנע מזוויות חדות בחיבורי קורה-לקורה. חיתוך גדול מדי עלול לגרום לכשל הקורה.
- שקול להגדיל את מידות הקורה או לספק קורת ראש (Header Beam)



המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

32

32

מחברי גזירה

- הימנע מקורות קטנות כמו IPE200, החיתוכים מקשים על יצירת המחבר. בדרך כלל אין סיבה שלא להשתמש ב-IPE250 או IPE300
- אל תגביל את יכולתו של היצרן להשתמש במחברים יעילים.
- אפשר שימוש במחברים זוויתן אחד עם חורי ברגים משותפים בקורה הראשית, זהו מחבר יעיל ביותר, ונשיאת העומס על דופן הקורה הראשית ניתנת לבדיקה בקלות על ידי מהנדס המחברים.

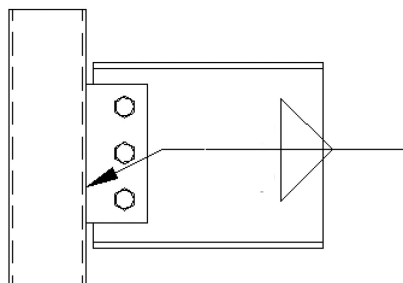
המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

33

33

מחברי גזירה: עמוד RHS

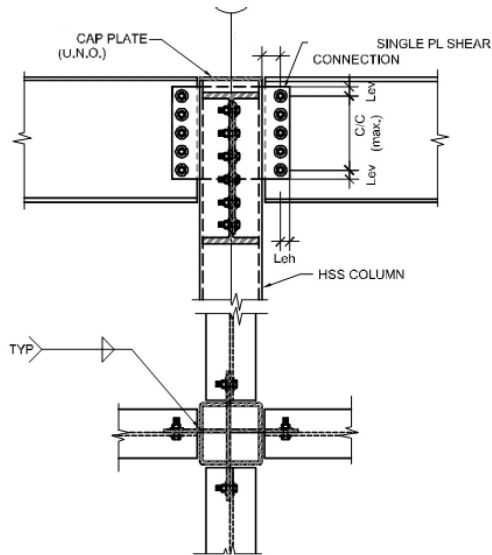
- בדוק את תמירות דופן עמוד ה RHS כדי לוודא שפלטות הגזירה תקינות.
- אם לא – הגדל את עובי דופן עמוד ה RHS.



המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

34

34



מחברי גזירה: עמוד RHS

- אל תדרוש פלטות מעבר (Thru Plates) או פלטות סכין (Knife Plates) במחברי עמודי RHS
- עיוות דופן ה-RHS בפלטת גזירה הוא תקין. הוא מספק גמישות סיבובית קריטית.
- פלטות מעבר מקובלות בקולקטורים (Collectors)

המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

35

35

חיבורי מומנט: בדיקות חתך I

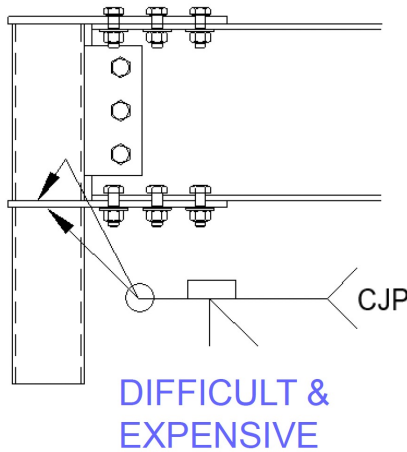
- בדוק את אגפי ודפנות עמוד ה-I לעומסים מרוכזים
- הגדל את מידות העמודים כדי לבטל את הצורך בחיזוקים בסטיפנרים ובפלטות כפולות.

המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

36

36

מחברי מומנט: בדיקות RHS



- יש לבדוק עמודי RHS לגבי מגבלות מקומיות בכוחות האגף
- חיזוק עמודי RHS הוא יקר
- החיזוק הנפוץ הוא פלטת מעבר (Thru Plate) באגפים עם ריתוך CJP (השקה מלא) ל RHS.
- נדרש כדי לפתח את מלוא המומנט של עמוד ה-RHS
- הגדל את ממדי עמודי ה-RHS כדי להימנע מחיזוק.

המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

37

37

מחברי מומנט: ריאקציות

- ספק ריאקציות מומנט מפורטות במסגרת מומנט
- עומסים אנכיים מייצרים בדרך כלל ריאקציות מומנט מרביות.
- אם אתה מציין רק את ריאקציות המומנט המרביות בקצה הקורה, אז מתכנן המחברים חייב לתכנן עבור מומנטים בכיוון שווה והפוך וגם באותו הכיוון.



המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

38

38

מחברי מומנט: ריאקציות

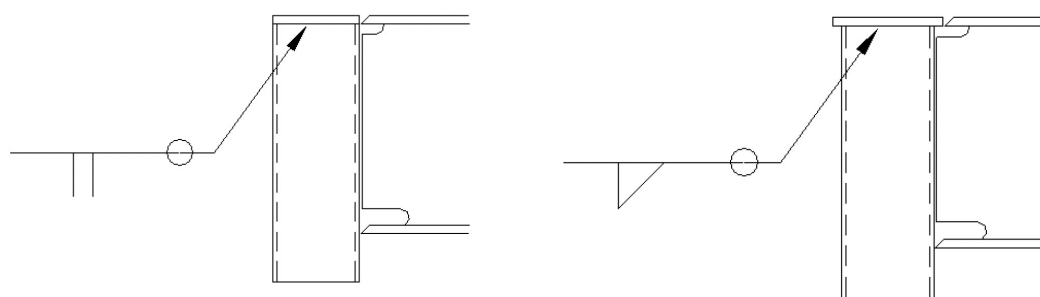
- ציון ריאקציות אמיתיות ומדויקות במחברי מומנט מאפשר למתכנן המחברים לבצע את התכנון שלו בצורה מדויקת
- זה מבטל חיזוקי עמוד מיותרים ויקרים הן בעמודים מחתך I והן בעמודי RHS
- חיזוק עמודים מוביל לשינויי הזמנה, שכולם מנסים להימנע מהם.

המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

39

39

חיבורי מומנט: פלטת כיסוי (Cap Plate)



לא! הפלטה לא מעבירה כוח לעמוד

כן! הפלטה מעבירה כוח לעמוד

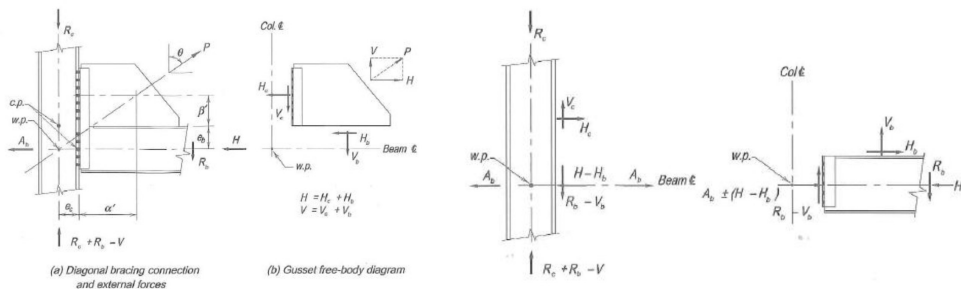
המסן הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

40

40

מחברי אלכסונים

- הכיר את שיטות האנליזה למחברי אלכסונים
- הבן כיצד נקודות מפגש הכוחות והגיאומטריה משפיעות על הכוחות הפנימיים ב Gusset



המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

41

41

מחברי אלכסונים

- ספק כוחות-מעבר או כוחות קולקטרים (collectors)
- ספק את הכוחות באלכסונים



המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

42

42

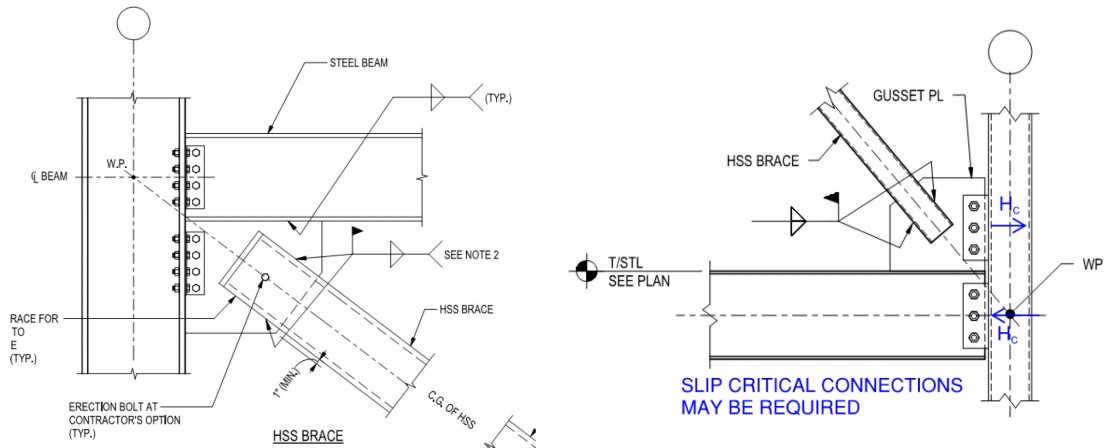
מחברי אלכסונים: מחברי פינה

- השתמש בעמודים מחתך I עבור אלכסונים רב־קומתיים או לעומסים גבוהים יותר
- עמודים מחתך I מתמודדים טוב יותר עם כוחות אופקיים מקומיים מאשר עמודי RHS
- עמודים מחתך I מאפשרים מחברי זוויתן כפול

מחברי אלכסונים: מחברי פינה

- מחברי זוויתן כפול בעלי תסבולת גזירה גבוהה, והם המחברים הטובים ביותר עבור עומסים ציריים וכוחות העברה.
- אפשר לפלטות גזירה בעמודי RHS להיות (Slip-Critical), אבל קשה לתכנן אותן עבור ריאקציות גבוהות.

מחברי אלכסונים

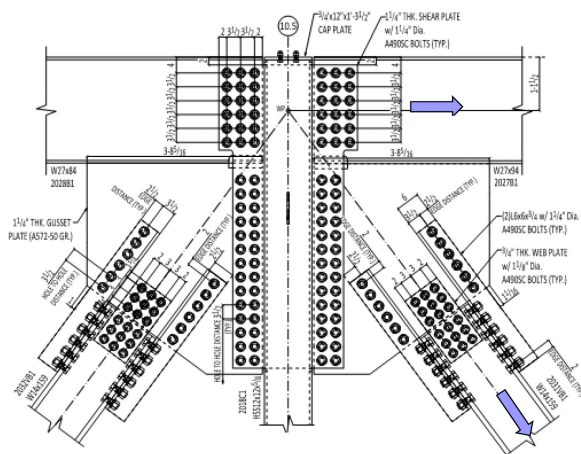


המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

45

45

מחברי אלכסונים: מחברי פינה



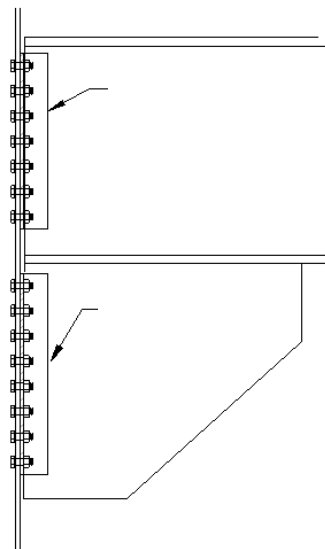
המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

46

46

- יש להתחשב באקסצנטריות בין קבוצת הברגים לבין ציר האמצע של העמוד.
- בקבוצת הברגים פועלים כוחות גדולים של M , V , H

מחברי אלכסונים: מחברי פינה



- הבקשה לשינוי בעמודי I עם מחבר לדופן לא אושרה.
- חסכון משמעותי לאורך כל הפרויקט היה מושג.
- מהלך כוחות ברור ופשוט

המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

47

47

מחברי אלכסונים: בסיס

- מחברי בסיס יכולים להפעיל כוח אופקי משמעותי על העמודים בהתאם לגיאומטריית המחבר. מהנדס הקונסטרוקציה חייב לקחת כוח זה בחשבון בתכנון העמוד.
- מחברי בסיס של עמודי RHS עלולים להיות קשים לתכנון בריאקציות גבוהות עקב כוחות אופקיות וחוסר ריתוך אופקי מספק בפלטת הבסיס.

המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

48

48

מחברי אלכסונים: בסיס

- נקודת פגישת הכוחות בראש פלטת הבסיס היא היעילה ביותר ומפשטת את מסלול העומס.
- אל תמקם את נקודת גישת הכוחות מעל פלטת הבסיס, לדוגמה בראש הרצפה (Top of Slab)
- מהנדס הקונסטרוקציה אחראי על המחבר לבטון.

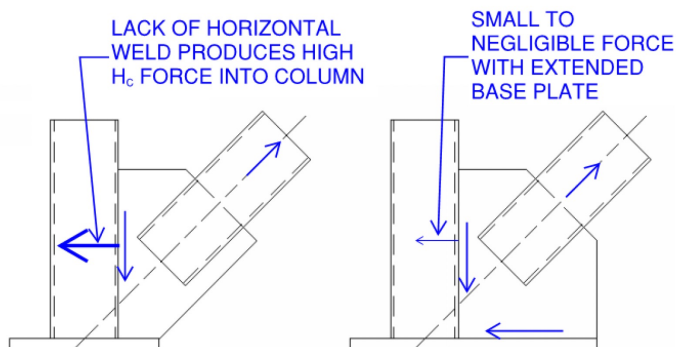
המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

49

49

מחברי אלכסונים: בסיס

- הארך את פלטות הבסיס או אפשר הארכת פלטת בסיס בהתאם לדרישות מתכנן המחברים.



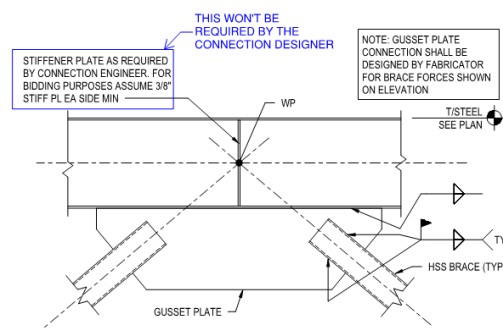
המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

50

50

מחברי אלכסונים: Chevron

- יציבות הקורה היא באחריות מהנדס הקונסטרוקציה
- מהנדס הקונסטרוקציה חייב לבדוק כל צורות הכשל הקורה
- סביר להניח שמתכנן המחברים לא ידרוש חיזוקים.
- מהנדס הקונסטרוקציה צריך לציין חיזוקים ותומכי יציבות.



המסמך הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

51

51

הערות סופיות

- מהנדס הקונסטרוקציה נושא באחריות הסופית לכך שהמחברים בטוחים ומתאימים. ההאצלה לא מסירה אחריות זו מהיקף אחריותו של מהנדס הקונסטרוקציה
- מתכנן המחברים הוא חלק מצוות התכנון. אנא ספק לו את המידע והתקשורת הנדרשים.
- היה פתוח למחברים שונים ולשינויים שמביאים לחיסכון.
- שפר את מונוטין משרדך על ידי מעורבות ותקשורת יעילה עם מתכנן החיבורים.

המסמך הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

52

52

תודה רבה

המכון הלאומי למבני פלדה בע"מ © Copyright

53