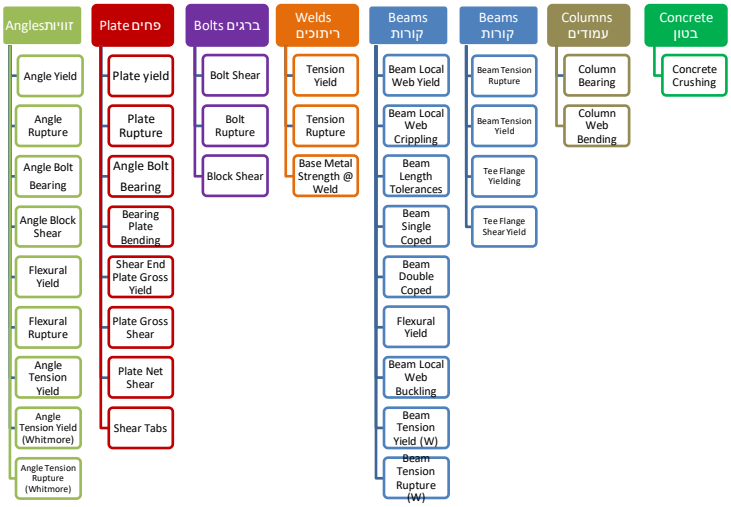
Structural Steel Connection מחברי פלדה

Mustafa Mahamid,
PhD, SE, PE, P.Eng, F.SEI, F.ASCE, F.ACI

mmahamid@technion.ac.il
mmahamid@uic.edu

1

Connections Limit States מצבים גבוליים בחישוב מחברים
לדוגמא:
מצב גבולי של הרס/מצב גבולי של שירות

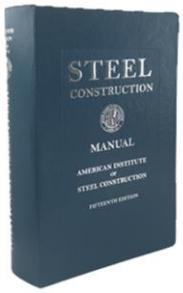


2

2

References - איזכורים

- Specification: AISC 360-16 Chapter J (included in the AISC Manual Part 16).
- Bolts (AISC Manual Part 7)
- Welds (Part Manual 8)
- Design of Connections (Parts 9 through 13) of the AISC Manual
- 1225 ת"י



מתי
מכון התקנים הישראלי
The Standards Institution of Israel

תקן ישראלי - ת"י 1225 חלק 1
טבת תשנ"ט - דצמבר 1998

חוקת מבני פלדה : כללי
Steel structures code: General

3

3

Commonly used simple/shear/framing connections

סוגי מחברים נפוצים במבני מסגרות:
(בעיקר לחיבור קורה לקורה וקורה לעמוד במסגרת)

a. Double-Angle Connection
b. Single-Plate (Shear Tab) Connection
c. Shear End-Plate Connection
d. Un-stiffened Seated Connection
e. Single-Angle Connection
f. Tee Shear Connection

a) מחבר גזירה מזוויתנים
b) מחבר גזירה - חיבור ע"י פח מצד אחד
c) מחבר גזירה – חיבור ע"י לוח קצה
d) תושבת עליונה ותחתונה לא מוקשחות
e) מחבר גזירה-חיבור ע"י זוויתן מצד אחד
f) מחבר גזירה – חיבור ע"י פרופיל "קמץ"

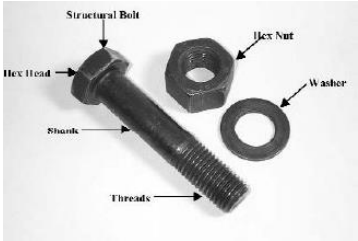
4

4

Commonly Used Bolts

סוגי ברגים נפוצים לפי
AISC

- Group A (A325) – high strength bolts
- Group B (A490) – high strength bolts



AISC Manual 15th Edition, Section J3:

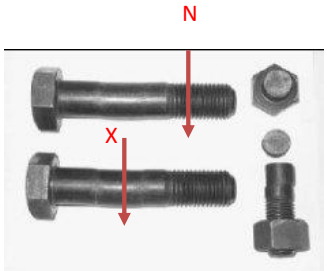
Group A Bolts: ASTM A325, F1852, A354 Grade BC, A449

Group B Bolts: ASTM A490, F2280, A354 Grade BD

5

5

Bolts - ברגים



- Bolt Types: N, X, SC סוגי ברגים
- Types of Connections:

(a) Bearing Type כוח מועבר במעיכה

N - threads iNcluded in shear plane מישור גזירה דרך התבריג (N)

X - threads eXcluded from shear plane מישור גזירה מחוץ לתבריג (X)

(b) Slip Critical כוח מועבר דרך חיכוך

SC - slip critical

Ex: 19 mm (¾ in.) A325 - N

6

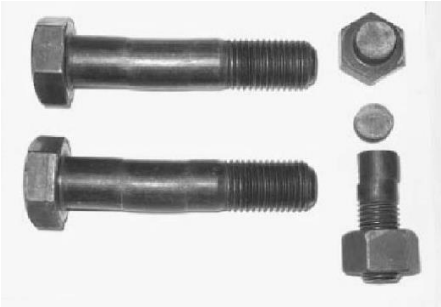
6

Bolt Limit States

מצבים גבוליים בחישוב ברגים

- Bolt Shear

תסבולת הבורג בגזירה



$$R_n = F_n A_b \qquad \text{(J3-1)}$$

$$\phi = 0.75\,\text{(LRFD)} \qquad \Omega = 2.00\,\text{(ASD)}$$

F_n = Shear Stress, F_{nv} from AISC 360 Table J3.2

A_b = Area of bolt shank

7

7

ת"י 1225

תסבולת הבורג בגזירה

$$V_{bc} = A_{bv}\, 0.62 \min\left\{0.7 f_{bu}\ ;\ f_{by}\right\} \geq V_{bd}$$

- V_{bc} - תיסבולת הגזירה של מישור גזירה בודד.
- A_{bv} - שטח חתך של הבורג במישור הגזירה
- f_{bu} - חוזק המתיחה של פלדת הבורג.
- f_{by} - חוזק הכניעה של פלדת הבורג.
- V_{bd} - כוח התכן בגזירה על מישור הגזירה הנבדק.

8

8

תסבולות של ברגים דרך התבריג ומחוץ לתבריג

TABLE J3.2
Nominal Strength of Fasteners and Threaded Parts, ksi (MPa)

Description of Fasteners	Nominal Tensile Strength, F_{nt}, ksi (MPa)[a]	Nominal Shear Strength in Bearing-Type Connections, F_{nv}, ksi (MPa)[b]
A307 bolts	45 (310)[c]	27 (186)[c] [d]
Group A (e.g., A325) bolts, when threads are not excluded from shear planes	90 (620)	54 (372)
Group A (e.g., A325) bolts, when threads are excluded from shear planes	90 (620)	68 (469)
Group B (e.g., A490) bolts, when threads are not excluded from shear planes	113 (780)	68 (469)
Group B (e.g., A490) bolts, when threads are excluded from shear planes	113 (780)	84 (579)

Table from AISC 360-16 in AISC Manual 15th Edition

תסבולת חוזקי ברגים לפי סוג הבורג (MPa)

חוזק בורג	4.6	5.6	8.8	10.9
מאמץ גזירה fv -	148.8	186.0	347.2	434.
מאמץ מתיחה f_t (ר)	184.8	231.0	431.2	539.0
מאמץ מתיחה f_t (ד)	-----	-----	504.0	630.0

* (ר) - סימון לבורג רגיל ; (ד) – סימון לבורג דרוך.

תסבולת חוזקי ברגים לפי סוג הבורג

טבלת תסבולות גזירה של בורג בודד (kN)

חלק א – מישור גזירה דרך התבריג.

		מידות בורג						
		M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
		שטח גזירה נומינלי - כשמישורי הגזירה עוברים דרך התבריג (mm^2)						
חוזק גזירה Mpa	אופי העמסה	157	245	303	353	459	561	817
148.8	S	23.4	36.5	45.1	52.5	68.3	83.5	121.6
	D	46.7	72.9	90.2	105.1	136.6	167.0	243.1
186	S	29.2	45.6	56.4	65.7	85.4	104.3	152.0
	D	58.4	91.1	112.7	131.3	170.7	208.7	303.9
347.2	S	54.5	85.1	105.2	122.6	159.4	194.8	283.7
	D	109.0	170.1	210.4	245.1	318.7	389.6	567.3

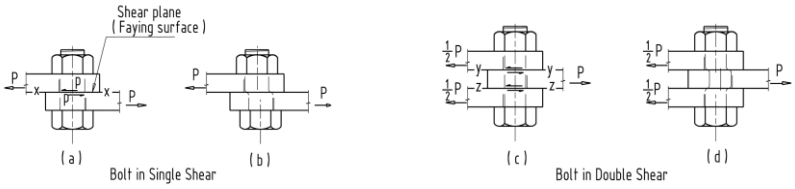
S = מישור גזירה בודד
D = מישור גזירה כפול

$$V_{bc} = n \cdot A_{bc} \cdot f_{bv}$$

ריכוז נוסחאות:

$$f_{bv} = 0.62 \cdot f_b^*$$

$$f_b^* = \min(0.7 \cdot f_{bu} ; f_{by})$$



תסבולת חוזקי ברגים לפי סוג הבורג

חלק ב – מישור גזירה מחוץ לתבריג.

		מידות בורג						
		M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
		שטח גזירה נומינלי -כשמישורי הגזירה מחוץ לתבריג (mm^2)						
חוזק גזירה Mpa	אופי העמסה	201	314	380	452	573	707	1020
148.8	S	29.9	46.7	56.5	67.3	85.3	105.2	151.8
	D	59.8	93.4	113.1	134.5	170.5	210.4	303.6
186	S	37.4	58.4	70.7	84.1	106.6	131.5	189.7
	D	74.8	116.8	141.4	168.1	213.2	263.0	379.4
347.2	S	69.8	109.0	131.9	156.9	198.9	245.5	354.1
	D	139.6	218.0	263.9	313.9	397.9	490.9	708.3

S = מישור גזירה בודד
D = מישור גזירה כפול

$$V_{bc} = n \cdot A_{bc} \cdot f_{bv}$$

ריכוז נוסחאות:

$$f_{bv} = 0.62 \cdot f_b^*$$

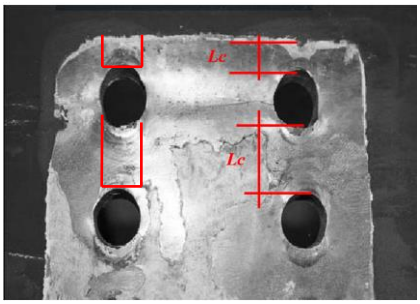
$$f_b^* = \min(0.7 \cdot f_{bu} ; f_{by})$$

Bolt Limit States

מצבים גבוליים בחישוב ברגים

- Bolt Bearing

תסבולת הבורג במעיכה



$R_n = 1.2 F_u L_c t$ (tearout)

$\phi = 0.75$ (LRFD) $\quad \Omega = 2.00$ (ASD)

F_u = *Ultimate* Stress, from AISC Manual

t = Thickness of the Material

L_c = Clear edge distance, measured from the edge of the hole to the edge of the material or the next hole

13

13

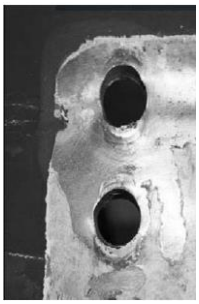
Bolt Limit States

מצבים גבוליים בחישוב ברגים

- Bolt Bearing

תסבולת הבורג במעיכה

If the clear distance exceeds $2d$, bearing on the connected material will be the controlling limit state



$R_n = 2.4 d t F_u$ (Bearing)

$\phi = 0.75$ (LRFD) $\quad \Omega = 2.00$ (ASD)

F_u = *Tensile* Strength, from AISC Manual

t = Connected part thickness

d = Bolt diameter

14

14

Bolt Limit States

מצבים גבוליים בחישוב ברגים

- Bolt Bearing תסבולת הבורג במעיכה

(1) Bearing

(i) When deformation at the bolt hole at service load is a design consideration

$$R_n = 2.4dtF_u \qquad \text{(J3-6a)}$$

(ii) When deformation at the bolt hole at service load is not a design consideration

$$R_n = 3.0dtF_u \qquad \text{(J3-6b)}$$

(2) Tearout

(i) When deformation at the bolt hole at service load is a design consideration

$$R_n = 1.2l_ctF_u \qquad \text{(J3-6c)}$$

(ii) When deformation at the bolt hole at service load is not a design consideration

$$R_n = 1.5l_ctF_u \qquad \text{(J3-6d)}$$

15

15

תסבולת הבורג במעיכה

$$B_{cap} = d\,t\begin{cases}\min\begin{Bmatrix}0.55\dfrac{e^*}{d}\\ 1.1\end{Bmatrix} & \text{ברגים לא דרוכים}\\[2ex] \min\begin{Bmatrix}0.7\dfrac{e^*}{d}\\ 2.0\end{Bmatrix} & \text{ברגים דרוכים}\end{cases}\min\begin{Bmatrix}f_u\ ;\ 1.4f_y\\ f_{bu}\ ;\ 1.4f_{by}\end{Bmatrix} \geq V_{bd}^{(1)}$$

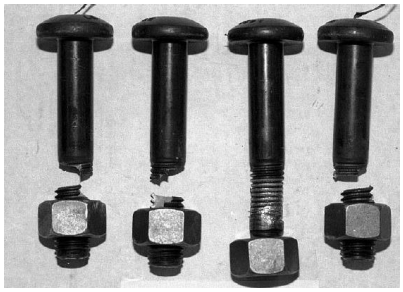
- B_{cap} - תסבולת מעיכה של הבורג.
- d - קוטר הבורג.
- t - עובי הפח הנבדק.
- e^* - הקטן מבין : - המרחק בכיוון הכוח מציר הבורג עד קצה הרכיב.
  - המרחק בכיוון הכוח מציר הבורג לדופן החור השכן.
- f_u - חוזק המתיחה של פלדת הרכיב.
- f_y - חוזק הכניעה של פלדת הרכיב.
- $V_{bd}^{(1)}$ - כוח התכן המועבר בין הרכיב הנבדק לבין הבורג הנבדק.

16

Bolt Limit States
מצבים גבוליים בחישוב ברגים

- Bolt Tension:

תסבולת הבורג במתיחה



$R_n = F_n A_b \qquad (J3\text{-}1)$

$\phi = 0.75\ (\text{LRFD}) \qquad \Omega = 2.00\ (\text{ASD})$

$F_n = \text{Tension Stress},\ F_{nt}$ from AISC 360

$A_b = \text{Area of bolt shank}$

17

17

תסבולת הבורג במתיחה

$$T_b = A_{be}\begin{Bmatrix} 0.77 & \text{ברגים לא דרוכים} \\ 0.9 & \text{ברגים דרוכים} \end{Bmatrix} \min\{0.7 f_{bu}\ ;\ f_{by}\} \geq N_{bd} + Q$$

-A_{be} שטח חתך נטו של הבורג

-N_{bd} כוח התכן במתיחה על הבורג (ללא פעולת מנוף).

-Q התוספת לכוח התכן במתיחה על הבורג עקב פעולת מנוף.

18

18

טבלת תסבולת ברגים למתיחה צירית (kN)

סוג בורג	חוזק מתיחה	מידות בורג						
		M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
	f_{bt}	שטח מתיחה נומינלי (mm^2)						
	MPa	157	245	303	353	459	561	817
4.6	**184.8**	29.0	45.3	56.0	65.2	84.8	103.7	151.0
5.6	**231.0**	36.3	56.6	70.0	81.5	106.0	129.6	188.7
8.8	**431.2**	67.7	105.6	130.7	152.2	197.9	241.9	352.3

19

19

Bolt Limit States

מצבים גבוליים בחישוב ברגים

- Block Shear – כשל גזירה בגוש

Shear Rupture:

$$R_n = \overset{\text{Shear}}{0.6F_uA_{nv}} + \overset{\text{Tension}}{U_{bs}F_uA_{nt}} \le \overset{\text{Shear}}{0.6F_yA_{gv}} + \overset{\text{Tension}}{U_{bs}F_uA_{nt}} \qquad \text{(J4-5)}$$

$\phi = 0.75$ (LRFD) $\quad \Omega = 2.00$ (ASD)

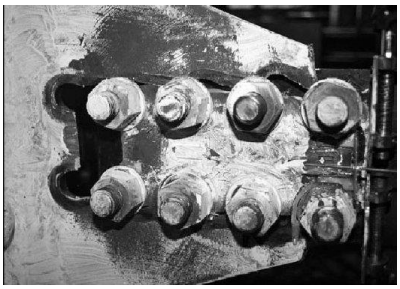
A_{gv} = Gross shear area

A_{nt} = Net tension area

A_{nv} = Net shear area

U_{bs} = 1.0 for uniform tension stress distribution,

= 0.5 for nonuniform tension stress



20

20

Minimum Spacing and Edge Distance
מרחקים מינימליים במיקום ברגים

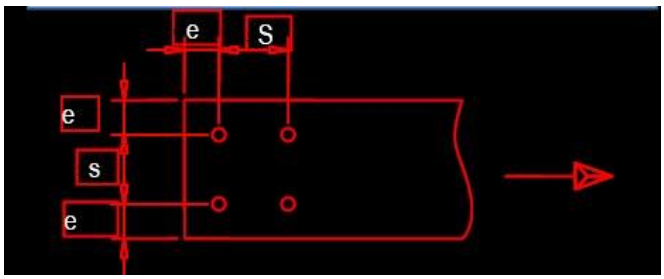
- Section J3.3 *Minimum Spacing: (2 $^{2/3}$)d*

  Preferred: S = 3d; and e = S/2

  d = The nominal diameter of the bolt.

  (commonly S = 3 in. and e =1-1/2 in.)

75mm 38 mm



21

21

Weld Limit State
מצבים גבוליים בחישוב מחברי ריתוך

- Fillet Weld Strength חוזק רתך מילאת

$R_n = F_{nw} A_{we}$ (J2-3)

$\phi = 0.75$ (LRFD) $\Omega = 2.00$ (ASD)

F_{nBM} = Nominal stress of the base metal

F_{nw} = Nominal stress of the weld metal per unit area $= 0.6F_{EXX}$

A_{we} = Effective area of the weld $= 0.707wL$

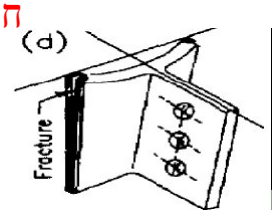
A_{BM} = *cross-sectional* area of the base metal

F_{EXX} = Weld electrode classification number, the weld strength

For linear weld group loaded through the center of gravity:

$R_n = F_{nw} A_{we}$ (J2-4)

$F_w = 0.6F_{EXX}(1.0 + 0.5\sin^{1.5}\theta)$ (J2-5)



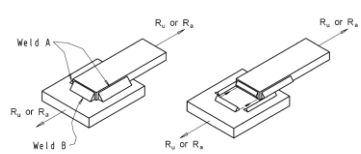


Figure 3-17. Fillet weld shear failure.

22

22

Weld Limit State
מצבים גבוליים בחישוב מחברי ריתוך

For weld group concentrically loaded and oriented longitudinally and transversely to the direction of the load, R_n of the fillet weld group is the greater of :

$$R_n = R_{wl} + R_{wt} \quad \text{(J2-10a)}$$

or

$$R_n = 0.85R_{wl} + 1.5R_{wt} \quad \text{(J2-10b)}$$

R_{wl} = Nominal Strength of the longitudinally loaded weld without considering the angle of the load

R_{wt} = Nominal strength of the transversly loaded weld without considering the angle of the load

23

23

Connecting Elements Limit States
מצבים גבוליים ברכיבי המחבר

- Connecting Elements in Tension:

חוזק הכניעה במתיחה

Tension *Yielding* :

$$R_n = F_y A_g \quad \text{(J4-1)}$$

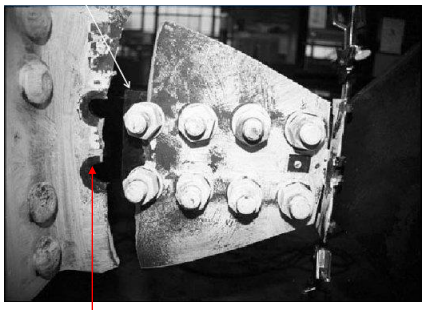
$$\phi = 0.9 \quad \text{(LRFD)} \qquad \Omega = 1.67 \text{ (ASD)}$$

חוזק הקריעה במתיחה

Tension *Rupture:*

$$R_n = F_u A_e \quad \text{(J4-2)}$$

$$\phi = 0.75 \quad \text{(LRFD)} \qquad \Omega = 2.00 \text{ (ASD)}$$



Tension Rupture
קריעה במתיחה

24

24

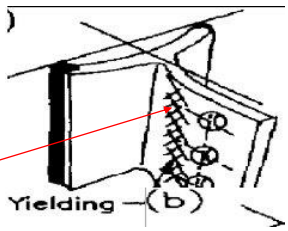
Connecting Elements Limit States

Shear Yielding : חוזק הכניעה בגזירה

$R_n = 0.6F_y A_{gv}$ (J4-3)

$\phi = 1.00$ (LRFD) $\Omega = 1.50$ (ASD)

כניעה
Yielding

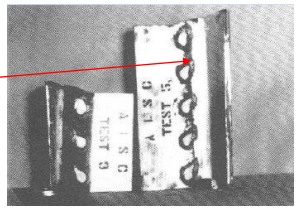


Shear Rupture: חוזק הקריעה בגזירה

$R_n = 0.6F_u A_{nv}$ (J4-4)

$\phi = 0.75$ (LRFD) $\Omega = 2.00$ (ASD)

קריעה
Rupture



A_{gv} and A_{nv} are gross areas subjected to shear and net area subjected to shear repectively

25

25

Limit States: Under Concentrated Forces

מצבים גבוליים הקורים עקב העברת כוח דרך דופן

When forces are transferred from one member to another, some form of localized deformation (due to yielding or buckling) occurs, depending on types of connections, as illustrated in the following slides

26

26

סירוס דופן (הגדרה לפי תי 1225)

web crippling limit state, when the load is at least at half the girder depth from the end (at d/2 or greater):

$$R_n = 0.80t_w^2\left[1+3\left(\frac{l_b}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1.5}\right]\sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \qquad \text{(AISC J10-4)}, \phi = 0.75\,\text{(LRFD)}, \Omega = 2.00\,\text{(ASD)}$$

- when the load is less than this distance from the end of the girder (less than d/2):

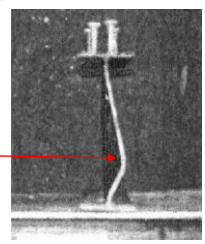
$$R_n = 0.40t_w^2\left[1+3\left(\frac{l_d}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1.5}\right]\sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}}, \text{ for } \frac{l_b}{d} \le 0.2 \qquad \text{(AISC J10-5a)}, \phi = 0.75\,\text{(LRFD)}, \Omega = 2.00\,\text{(ASD)}, \text{and}$$

$$R_n = 0.40t_w^2\left[1+\left(\frac{4l_b}{d}-0.2\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1.5}\right]\sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}}, \text{ for } \frac{l_b}{d} > 0.2 \qquad \text{(AISC J10-5b)}, \phi = 0.75\,\text{(LRFD)}, \Omega = 2.00\,\text{(ASD)}$$

d = overall depth of girder

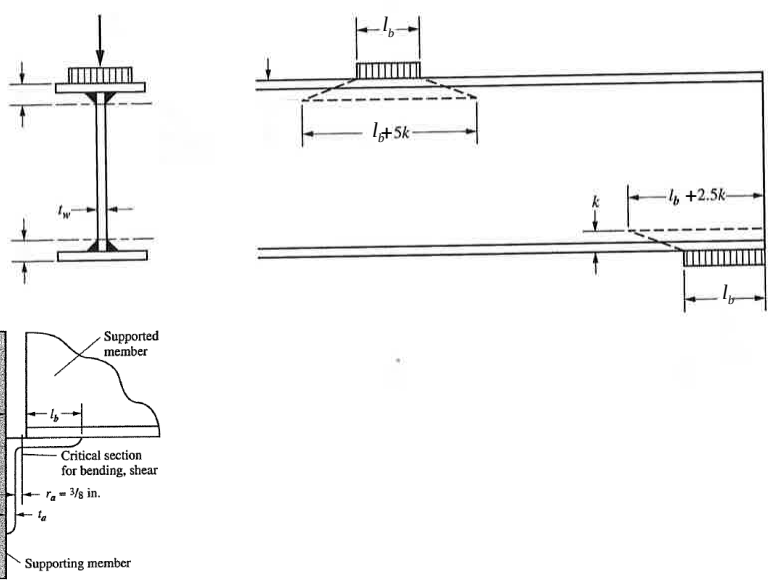
t_f = thickness of girder flange

Web Crippling



27

27



28

28

Web Sidesway Buckling: קריסת דופן

- sidesway web buckling should be checked when the compression flange is not restrained against movement relative to the tension flange.
- If the compression flange is restrained against rotation, the nominal strength is:

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2}\left[1 + 0.4\left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f}\right)^3\right] \qquad \text{(AISC J10-6)}$$

This equation need not be checked if $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 2.3$

- If the flange is not restrained against rotation:

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2}\left[0.4\left(\frac{h/t_w}{l/b_f}\right)^3\right] \qquad \text{(AISC J10-7)}$$

This equation need not be checked if $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 1.7$

$C_r = 960{,}000$ ksi when $M_u < M_y$ (for LRFD) or $1.5M_a < M_y$ (for ASD)
$= 480{,}000$ ksi when $M_u \geq M_y$ (for LRFD) or $1.5M_a \geq M_y$ (for ASD)
(All moments are at the location of the load)
L_b = largest unbraced length of either flange (at the load point)
$\phi = 0.85$ (LRFD), $\Omega = 1.76$ (ASD)

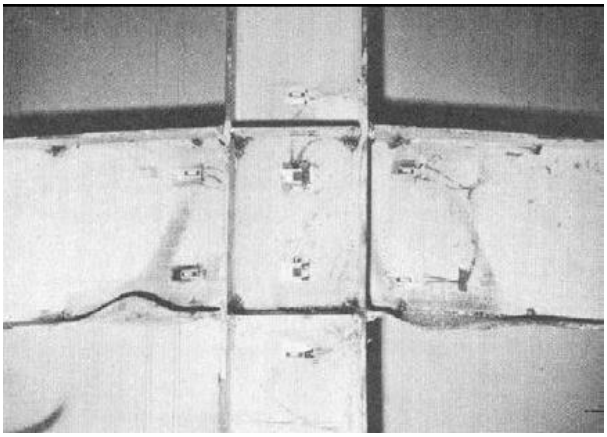
29

29

Limit States Under Concentrated Forces (Compression due to bending)

מצבים גבוליים בהעברת כוחות דרך אגף לדופן

- Flange Local Bending Limit State כשל עקב אגף לא מוקשה



30

30

Limit States Under Concentrated Forces (Compression)

מצבים גבוליים בהעברת כוחות דרך אגף לדופן

- Web Local Buckling Limit State

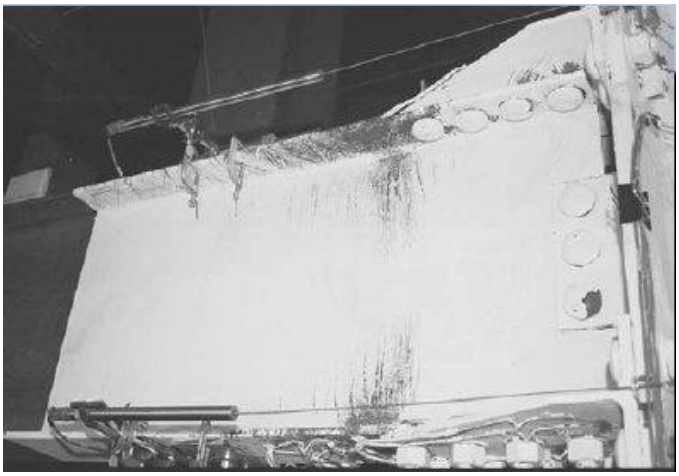
קריסת דופן

31

31

Limit States: Flexural Yielding – Web Local Yielding

מצב גבולי – כניעת דופן עקב כפיפה

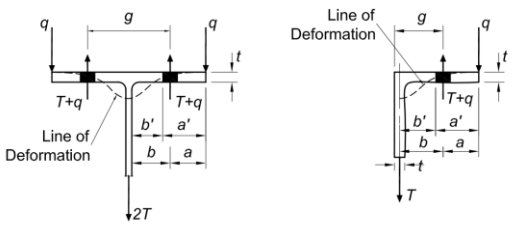


32

32

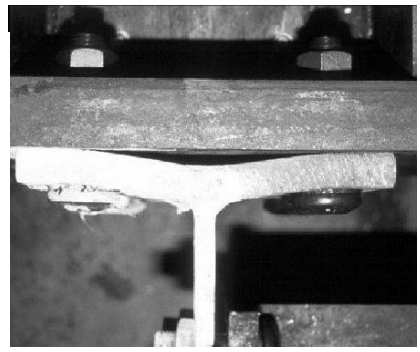
Limit States: Prying Action

חישוב מצב גבולי עקב פעולת מנוף



(a) Prying forces in tee *(b) Prying forces in angle*

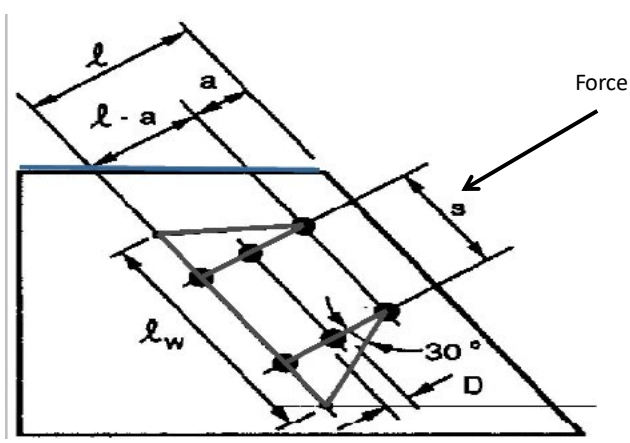
Fig. 9-4. Illustration of variables in prying action calculations.



33

33

Limit States: Whitmore Section Yielding/Buckling Gusset Plate חישוב מחבר למוט אלכסוני

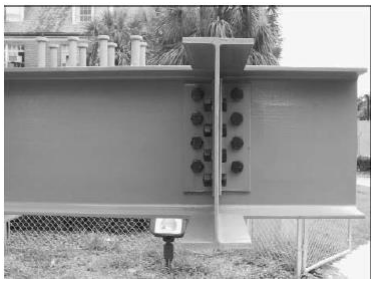


34

34

Shear Connection: מחבר גזירה
All-Bolted Double-Angle
מחבר גזירה מזוויתנים
חיבור ע"י ברגים בלבד

- Limit State:
  - Bolts ברגים
    - Bolt Shear ברגים בגזירה
  - Block Shear גזירה בגוש
  - Bolt Bearing בורג במעיכה
  - Flexural Yielding כניעה עקב מכפיפה
  - Local Web Buckling קריסת דופן
  - Shear Rupture קריעה בגזירה
  - Shear Yielding כניעה בגזירה



35

35

Shear Connection: All-Bolted Double-Angle
חיבור ע"י ברגים בלבד מחבר גזירה מזוויתנים

- Limit States covered by tables:
  - Bolt Shear ברגים בגזירה
  - Bolt Bearing on the angle בורג במעיכה על זווית
  - Shear yielding of the angle כניעה בגזירה בזוויתנים
  - Shear rupture of the angle קריעה בגזירה בזוויתנים
  - Block shear of angles גזירה בגוש בזוויתנים

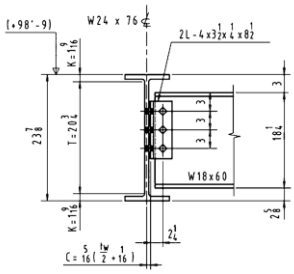


Figure 3-6. Bolted double-angle connection.

36

36

Shear Connection: All-Bolted Double-Angle
מחבר גזירה מזוויתנים חיבור ע"י ברגים בלבד

- Limit state covered by tables
  - Bolt bearing on the beam web — בורג במעיכה על קורת הפלדה
  - For beams coped at the top only:
    - block shear rupture is also considered — גזירה בגוש בקורת הפלדה
  - For beams coped at both flanges:
    - Shear yielding — כניעה בגזירה
    - Shear rupture of beam web — קריעה בגזירה בקורה

37

37

Shear Connection: All-Bolted Double-Angle
מחבר גזירה מזוויתנים חיבור ע"י ברגים בלבד

- Flexural Yielding — כניעה עקב כפיפה
- Flexural Rupture — קריעה עקב כפיפה

Need to be checked independently

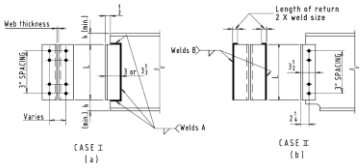
38

38

Shear Connection:
Bolted-Welded Double-Angle
מחבר גזירה מזוויתנים
חיבור ע"י ברגים וריתוך

Limit States:

- Block Shear Rupture גזירה בגוש
- Bolt Bearing בורג במעיכה
- Bolt Shear ברגים בגזירה
- Flexural Yielding כניעה עקב כפיפה
- Local Web Buckling קריסת דופן
- Shear Rupture קריעה בגזירה
- Shear Yielding כניעה בגזירה
- Weld Strength חוזק ריתוך בגזירה



39

39

Shear Connection:
Bolted-Welded Double-Angle
מחבר גזירה מזוויתנים
חיבור ע"י ברגים וריתוך

- Limit states covered by table:
  - Limit states covered by Table 10-1 (All-Bolted double angle connections).
  - Table 10-2 allows substitution of welds for bolts.
  - Weld Shear חוזק ריתוך בגזירה
  - Shear Rupture קריעה בגזירה

Weld Capacity is based on E70 Electrodes

40

40

Shear Connection: All-Welded Double-Angle
מחבר גזירה מזוויתנים חיבור ע"י ריתוך בלבד

Limit States:

- Shear Yielding כניעה בגזירה
- Shear Rupture קריעה בגזירה
- Weld Shear חוזק ריתוך בגזירה

41

41

Shear Connection: All-Welded Double-Angle
מחבר גזירה מזוויתנים חיבור ע"י ריתוך בלבד

- Limit states covered by table:
  - Weld Shear חוזק ריתוך בגזירה
  - Shear Rupture קריעה בגזירה

Weld Capacity is based on E70 Electrodes

42

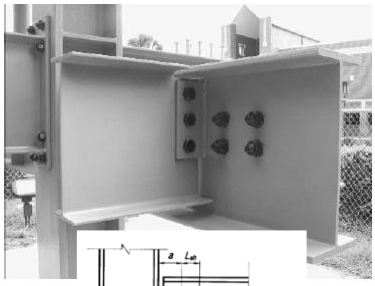
42

Shear Connection: Single-Plate (Shear Tab)

מחבר גזירה - חיבור ע"י פח מצד אחד

Limit States:

- Bolts: **ברגים**
  - Bolt Shear — ברגים בגזירה
- Beam **קורה**
  - Bolt Bearing on the web — בורג במעיכה על הדופן
  - Shear Yielding of the web — כניעה בגזירה בדופן
- Plate **פח**
  - Bolt Bearing on the plate — בורג במעיכה על הפח
  - Shear Yielding — כניעה בגזירה
  - Shear Rupture — קריעה בגזירה
  - Block Shear Rupture — גזירה בגוש
  - Buckling — קריסת פח
  - Flexural Yielding with shear interaction — כניעה עקב מכפיפה
- Weld Strength **ריתוך**
  - Weld Shear — חוזק ריתוך בגזירה



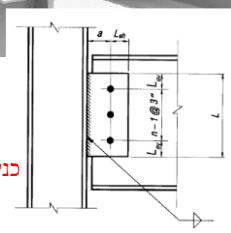


Figure 10–11. Single-plate connection.

43

43

Shear Connection: Single-Plate (Shear Tab)

מחבר גזירה - חיבור ע"י פח מצד אחד

- Limit States covered by table:
  - Bolt shear — ברגים בגזירה
  - Bolt Bearing on plate — בורג במעיכה על הפח
  - Shear yielding of the plate — כניעה בגזירה
  - Shear rupture of the plate — קריעה בגזירה
  - Block shear rupture of the plate — גזירה בגוש
  - Weld Shear — חוזק ריתוך בגזירה

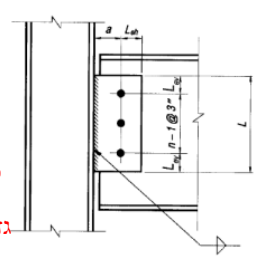


Figure 10–11. Single-plate connection.

Bolt bearing on beam web
Shear yielding of beam web
} Should be checked independently

צריך לבדוק מעיכה
וכניעה בגזירה בקורה

Weld Capacity is based on E70 Electrodes

44

44

Shear Connection: Welded-Bolted Single-Angle
מחבר גזירה - חיבור ע"י זוויתן מצד אחד ע"י ריתוך וברגים

Limit States:

- Bolt Shear ברגים בגזירה
- Bolt Bearing בורג במעיכה
- Block Shear Rupture גזירה בגוש
- Shear Yielding כניעה בגזירה
- Shear Rupture קריעה בגזירה
- Weld Strength חוזק ריתוך בגזירה

45

45

Shear Connection: Welded-Bolted Single-Angle
מחבר גזירה - חיבור ע"י זוויתן מצד אחד ע"י ריתוך וברגים

- Limit States covered by table:
  - Bolt Shear ברגים בגזירה
  - Bolt Bearing בורג במעיכה
  - Block Shear Rupture גזירה בגוש
  - Shear Yielding כניעה בגזירה
  - Shear Rupture קריעה בגזירה
  - Weld Strength חוזק ריתוך בגזירה

Weld Capacity is based on E70 Electrodes

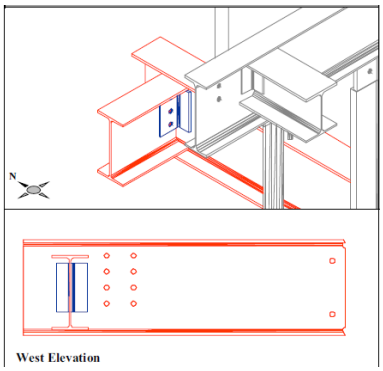
46

46

Shear Connection:
Welded-Bolted Tee
מחבר גזירה – חיבור ע"י פרופיל "קמץ"
באמצעות ריתוך וברגים

Limit States:

- Block Shear Rupture גזירה בגוש
- Bolt Bearing בורג במעיכה
- Bolt Shear בורג בגזירה
- Flexural Rupture קריעה בכפיפה
- Shear Rupture קריעה בגזירה
- Shear Yielding כניעה בגזירה
- Weld Strength חוזק ריתוך בגזירה



47

47

Shear Connection:
Welded-Bolted Tee
מחבר גזירה – חיבור ע"י פרופיל "קמץ"
באמצעות ריתוך וברגים

- No Tables available for this type of connections
- Tables in Part 7 of the manual can be used for bolt limit states (Bolt shear, Bolt bearing, block shear)
- Weld Shear calculated manually,

אפשר להשתמש בחלק 7 ב
AISC
(בורג בגזירה, בורג במעיכה, גזירה בגוש)

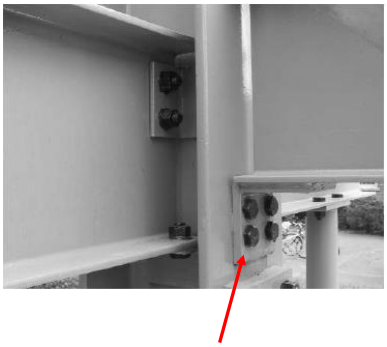
חוזק ריתוך בגזירה

48

48

Shear Connection:
Bolted Unstiffened Seat
מחבר גזירה – תושבת עליונה ותחתונה לא מוקשחות – חיבור ע"י ברגים

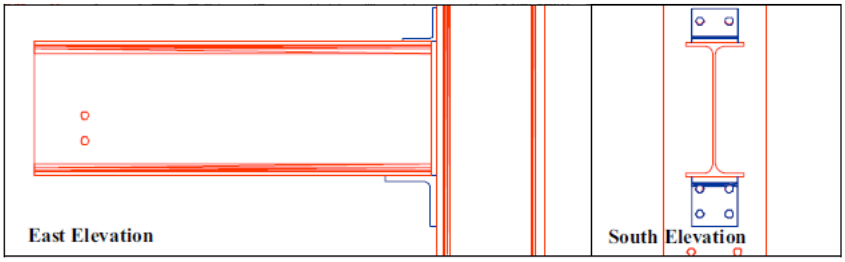
- Limit States:
  - Beam
    - Web Crippling — סירוס דופן
    - Local Web Yielding — קריסת דופן
  - Seat Angle
    - Flexural Yielding — כניעה בכפיפה
    - Shear Yielding — כניעה בגזירה
    - Flexural Rupture — קריעה בכפיפה
    - Shear Rupture — קריעה בגזירה
  - Connector
    - Bolt Bearing — בורג במעיכה
    - Bolt Shear — בורג בגזירה



49

49

Shear Connection:
Bolted Unstiffened Seat
מחבר גזירה – תושבת עליונה ותחתונה לא מוקשחות – חיבור ע"י ברגים



50

50

Shear Connection: Bolted Unstiffened Seat
מחבר גזירה – תושבת עליונה ותחתונה לא מוקשחות – חיבור ע"י ברגים

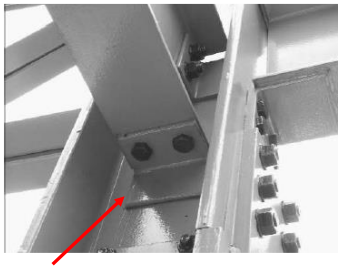
- Limit states covered by tables:
  - Shear yielding — כניעה בגזירה
  - Flexural yielding of outstanding angle leg — כניעה בכפיפה
  - Bolt limit states (Bolt shear, Bolt Bearing, Block shear) — ברגים: בורג בגזירה, בורג במעיכה, גזירה בגוש

51

51

Shear Connection: Welded Unstiffened Seat
מחבר גזירה – תושבת עליונה ותחתונה לא מוקשחות – חיבור ע"י ריתוך

- Limit State
  - Flexural Rupture — קריעה בכפיפה
  - Flexural Yielding — כניעה בכפיפה
  - Local Web yielding — קריסת דופן
  - Shear Rupture — קריעה בגזירה
  - Shear Yielding — כניעה בגזירה
  - Web Crippling — סירוס דופן
  - Weld Strength — חוזק ריתוך בגזירה



52

52

Shear Connection:
Welded Unstiffened Seat
מחבר גזירה – תושבת עליונה ותחתונה לא מוקשחות – חיבור ע"י ריתוך

- Limit States covered by tables:
  - Shear yielding כניעה בגזירה
  - Shear rupture קריעה בגזירה
  - Flexural yielding of outstanding angle leg כניעה בכפיפה
  - Weld Strength חוזק ריתוך בגזירה

Weld Capacity is based on E70 Electrodes

53

53

Shear Connection:
Shear End Plate Connection
מחבר גזירה – חיבור ע"י לוח קצה

- Limit States:
  - Block Shear Rupture גזירה בגוש
  - Bolt Bearing בורג במעיכה
  - Bolt Shear בורג בגזירה
  - Shear Rupture קריעה בגזירה
  - Shear Yielding כניעה בגזירה
  - Weld Strength חוזק ריתוך בגזירה

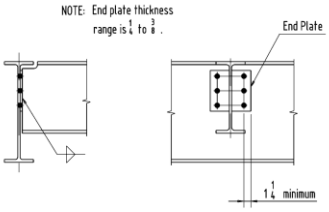


Figure 3-7. Typical end-plate connection to the web of a beam.

54

54

Shear Connection:
Shear End Plate Connection
מחבר גזירה – חיבור ע"י לוח קצה

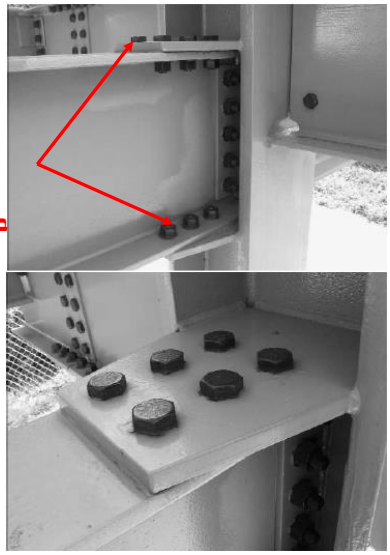
- Limit States covered by tables:
  - Bolt Shear — בורג בגזירה
  - Bolt Bearing on end plate — בורג במעיכה על הפח
  - Shear Yielding of the end plate — כניעה בגזירה בפח
  - Shear Rupture of the end plate — קריעה בגזירה בפח
  - Block Shear Rupture of the end plate — גזירה בגוש בפח
  - Weld Shear — חוזק ריתוך בגזירה
  - Shear Rupture of the base metal — קריעה בגזירה בפלדה

55

55

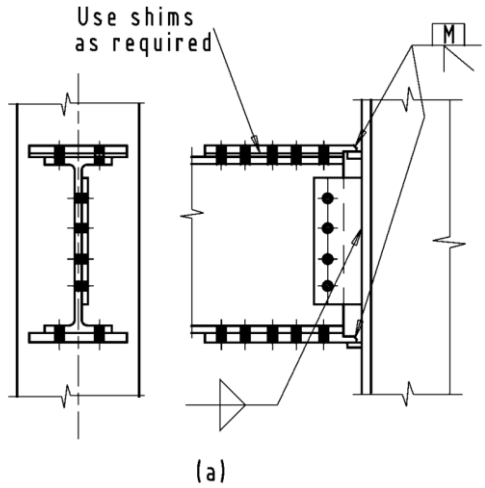
Moment Connection:
Bolted Flange-Plates
מחבר מומנט – חיבור האגפים לפחים ע"י ברגים

- Limit States:
  - Block Shear Rupture — **גזירה בגוש**
    - Plate — בפח
    - Beam Flange — באגף הקורה
  - Bolt Bearing — **בורג במעיכה**
    - Plate — על הפח
    - Beam Flange — על אגף הקורה
  - Bolt Shear — **ברגים בגזירה**
  - Plate Buckling — **קריסת פח**
  - Tension Rupture — **קריעה במתיחה**
    - Plate — בפח
    - Beam Flange — באגף הקורה
  - Tension Yielding — **כניעה מתיחהה**
    - Plate — בפח
    - Beam Flange — באגף הקורה
  - Weld Strength — **חוזק ריתוך בגזירה**



56

Moment Connection:
Bolted Flange-Plates
מחבר מומנט – חיבור האגפים לפחים ע"י ברגים

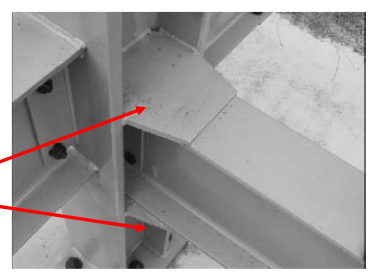


57

57

Moment Connection:
Welded Flange-Plates
מחבר מומנט – חיבור האגפים לפחים ע"י ריתוך

- Limit States:
  - Plate Buckling קריסת פח
  - Tension Rupture קריעה במתיחה
  - Tension Yielding כניעה מתיחה
  - Weld Strength חוזק ריתוך בגזירה

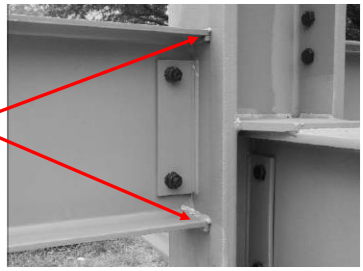


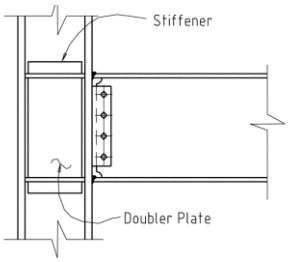
58

58

Moment Connection: Directly Welded Flanges
מחבר מומנט – חיבור האגפים ישירות ע"י ריתוך

- Limit States:
  - Compression Buckling of Column Web — כריסה בדופן העמוד
  - Local Flange Bending — כניעה אגף
  - Local Web yielding — כניעה בדופן
  - Weld Strength — חוזק ריתוך בגזירה

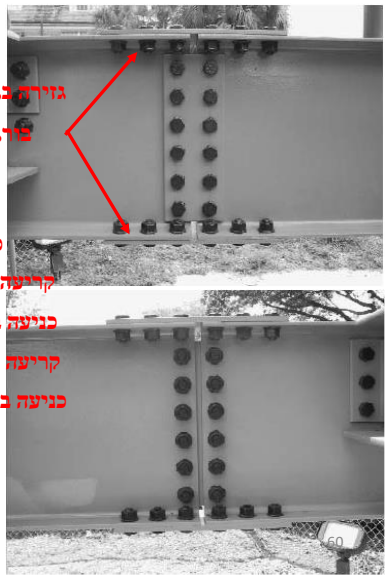




59

Moment Connection: All-Bolted Moment Splice
מחבר מומנט - מחבר הארכת קורה ע"י ברגים

- Limit States:
  - Block Shear Rupture (Plates & Flanges) — גזירה בגוש
  - Bolt Bearing (Plates & Flanges) — בורג במעיכה
  - Bolt Shear — בורג בגזירה
  - Flexural Rupture — כניעה בכפיפה
  - Flexural Yielding — כניעה בכפיפה
  - Shear Rupture (Plates and Flanges) — קריעה בגזירה
  - Shear Yielding (Plates and Flanges) — כניעה בגזירה
  - Tension Rupture (Plates and Flanges) — קריעה במתיחה
  - Tension Yielding (Plates and Flanges) — כניעה במתיחה



60

Column Connections: Columns Splices
מחבר מומנט - מחבר הארכת עמוד ע"י ברגים ו/או ריתוך

Figure 6-1. Column Connection: Column splice Column C1 / Column C2

Figure 6-2. Column Connection: Column splice Column C1 / Column C2

61

61

Column Connections: Columns Splices
מחבר מומנט - מחבר הארכת עמוד ע"י ברגים ו/או ריתוך

- Limit States:
  - Bolt Bearing בורג במעיכה
  - Bolt Shear בורג בגזירה
  - Shear Rupture קריעה בגזירה
  - Shear Yielding כניעה בגזירה
  - Tension Rupture קריעה במתיחה
  - Tension Yielding כניעה במתיחה
  - Weld Strength חוזק ריתוך

62

62

Column Connections: Columns Base Plates
לוחות בסיס לעמודים

Figure 6-7. Column Connection: Base plate Foundation / Column C1

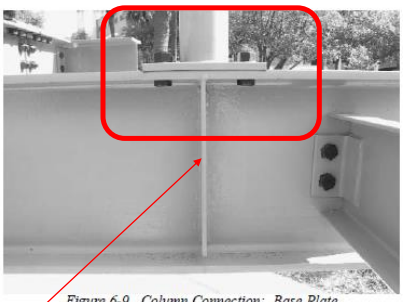


Figure 6-9. Column Connection: Base Plate (bracing column) Girder B4 / Column C3 / Girder B8

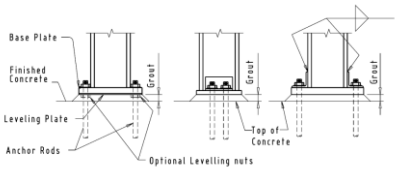
Stiffener Plate

See AISC Design Guide #1 for procedure, concrete limit states and Design Aids

63

63

Column Connections: Columns Base Plates
לוחות בסיס לעמודים



- Limit States:
  - Bolt Bearing בורג במעיכה
  - Bolt Shear בורג בגזירה
  - Bolt Tension בורג במתיחה
  - Flexural Yielding – Plate & connection elements כניעה בכפיפה
  - Weld Strength חוזק ריתוך

64

64

Practical Considerations for Connection Design

"טיפים פרקטיים" בתכנון מחברים

65

Thank you

Questions?

Mustafa Mahamid
mmahamid@technion.ac.il
mmahamid@uic.edu

66

66