سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور

راهنمای

تعیین نیروهای طراحی صفحه ستون

براساس بخشنامه شماره ۲۹۹۲

گردآورنده: گروه سازه – دفتر فنی

مشخصات ستون و نیروهای موجود در آن

A_c : مساحت ستون

Z_x : مدول پلاستیک مقطع در جهت x

Z_y : مدول پلاستیک مقطع در جهت y

EQ_x : نیروهای ستون تحت زلزله x

EQ_y : نیروهای ستون تحت زلزله y

M_x : ممان حول محور x

M_y : ممان حول محور y

v_x : نیروی برشی در جهت محور x

v_y : نیروی برشی در جهت محور y

F_z : نیروی فشاری یا کششی قائم

نیروهای طراحی:

پای ستون و اتصالات آن در ستون هایی که در باربری جانبی سازه نقش دارند، باید برای ترکیب بارهای ناشی از زلزله تشدید یافته طراحی شوند:

در حالت فشاری $D + 0.8 \times L + \Omega_0 \times E$

در حالت کششی $0.85 \times D + \Omega_0 \times E$

E,L,D: نیروهای (محوری، برشی و لنگر خمشی) ناشی از بار مرده، زنده و زلزله می‌باشند.

در کلیه ستونهایی که در محل تقاطع دو یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند، اثر ۳۰ درصد نیروی زلزله در جهت عمود بر جهت اصلی زلزله در کلیه مراحل طراحی باید منظور گردد.

✓ طراحی صفحه ستون در جهت X

نیروهای طراحی برای زلزله جهت x $E = E_x + 0.3 \times E_y$

در حالت فشاری I. $D + 0.8 \times L + \Omega_0 \times E_x + 0.3 \times \Omega_0 \times E_y$

در حالت کششی II. $0.85 \times D + \Omega_0 \times E_x + 0.3 \times \Omega_0 \times E_y$

که این ترکیب بار برای محاسبه کلیه نیروهای M_y, M_x, v_z, v_y, v_x برای طراحی در حالت کششی و فشاری باید محاسبه شود. در زیر نحوه محاسبه این نیروها برای حالت فشاری معرفی می‌گردند:

$$M_x = \left|M_{x_D}\right| + \left|0.8 \times M_{x_L}\right| + \Omega_0 \times \left(\left|M_{x_{Ex}}\right| + \left|0.3 \times M_{x_{Ey}}\right|\right) \leq M_{Plastic(x)}$$

$$M_y = \left|M_{y_D}\right| + \left|0.8 \times M_{y_L}\right| + \Omega_0 \times \left(\left|M_{y_{Ex}}\right| + \left|0.3 \times M_{y_{Ey}}\right|\right) \leq M_{Plastic(y)}$$

$$F_z = \left|F_{z_D}\right| + \left|0.8 \times F_{z_L}\right| + \Omega_0 \times \left(\left|F_{z_{Ex}}\right| + \left|0.3 \times F_{z_{Ey}}\right|\right)$$

$$v_x = \left|v_{x_D}\right| + \left|0.8 \times v_{x_L}\right| + \Omega_0 \times \left(\left|v_{x_{Ex}}\right| + \left|0.3 \times v_{x_{Ey}}\right|\right)$$

$$v_y = \left|v_{y_D}\right| + \left|0.8 \times v_{y_L}\right| + \Omega_0 \times \left(\left|v_{y_{Ex}}\right| + \left|0.3 \times v_{y_{Ey}}\right|\right)$$

در نتیجه طراحی باید توسط نیروهای بدست آمده در حالت تشدید یافته، بصورت جداگانه برای حالت کشش و فشار صورت پذیرد و مقادیر ضخامت ورق و قطر بولت ها براساس مقادیر حداکثر بدست آمده انتخاب شوند.

✓ طراحی صفحه ستون در جهت Y

نیروهای طراحی برای زلزله جهت y $E = E_y + 0.3 \times E_x$

در حالت فشاری III. $D + 0.8 \times L + \Omega_0 \times E_y + 0.3 \times \Omega_0 \times E_x$

در حالت کششی IV. $0.85 \times D + \Omega_0 \times E_y + 0.3 \times \Omega_0 \times E_x$

نیروهای M_y, M_x, v_z, v_y, v_x در این جهت، طبق روند ذکر شده در قسمت قبل تعیین می شوند.

❖ در نتیجه این چهار حالت ترکیب بار، حداکثر ضخامت صفحه و قطر بولت بعنوان مقادیر نهایی طراحی قرار داده می شوند.

✓ نکات مهم در بدست آوردن نیروها

۱. تمامی ترم ها درترکیب بارها باید به صورت قدر مطلق با یکدیگر جمع شوند، بجز در ترکیبات بار مربوط به F_z در نیروی تشدید یافته کششی (نکته ۳).

۲. بدیهی است ممان‌های تشدید یافته نباید از ظرفیت خمشی مقطع در جهت مربوطه بیشتر باشد، ظرفیت خمشی مقطع به صورت زیر بدست می‌آید:

$$M_{Pult} = M_P(1 - \frac{f_a}{F_a})$$

$$M_{Pult} = \begin{cases} \text{دو جهت قاب خمشی} : & M_{Pult_{1.2}} = 0.9 \times M_{P_{1,2}} \\ \text{یک جهت قاب خمشی جهت دیگر مهاربند} : & A \\ \text{دو جهت مهاربند} : & M_{Pult_{1,2}} = 0 \end{cases}$$

$$A : \ M_{Pult} = \begin{cases} \text{در جهت مهاربند} : & M_{Pult} = 0 \\ \text{در جهت قاب خمشی} : & \begin{cases} \text{جهت دیگر مهاربند خورده باشد} : & M_{Pult} = 0.7 \times M_P \\ \text{جهت دیگر مهاربند نخورده باشد} : & M_{Pult} = 0.9 \times M_P \end{cases} \end{cases}$$

۳. در محاسبه نیروی F_z در حالت تشدید یافته کششی باید از ترکیبات بار مطابق روابط ذیل استفاده کنیم.

در جهت x $\quad F_{zx} = \left|0.85 \times F_{z_D}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ex}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right|$

در جهت y $\quad F_{zy} = \left|0.85 \times F_{z_D}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{Ex}}\right|$

۴. برای سهولت در انجام محاسبات نیروهای طراحی را بطور تقریبی می‌توان بصورت زیر محاسبه نمود:

(v_{E1} با توجه به جهت قرار گرفتن ستون می‌تواند معرف $v_{x,Ex}$ یا $v_{y,Ey}$ باشد، همینطور در مورد v_{E2})

✓ در سازه‌های دو جهت قاب خمشی

در جهت 1 $\quad F_z = F_{z_{Dead}} \ , \quad M_x = 0.9 \times M_{P_1} \ , \quad v = \Omega_0 \times v_{E1}$

در جهت 2 $\quad F_z = F_{z_{Dead}} \ , \quad M_y = 0.9 \times M_{P_2} \ , \quad v = \Omega_0 \times v_{E2}$

(v_{E1} و v_{E2} با توجه به جهت فرضی قرار گرفتن ستون بترتیب معرف $v_{x,Ex}$ و $v_{y,Ey}$ می باشند)

✓ در سازه‌های دو جهت قاب بادبندی

- در صورتی که تنها در یک جهت بادبند به ستون خورده باشد، محاسبه نیروهای تشدید یافته، بدون در نظر گرفتن اثر ۳۰ درصد، تنها در جهت بادبند کفایت می‌کند.

نیروی طراحی فشاری صفحه ستون

$$\begin{cases} F_z = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_E}\right| \\ v = \Omega_0 \times v_E \\ M_1 = 0\,,\ \ M_2 = 0 \end{cases}$$

نیروی طراحی کششی صفحه ستون

$$\begin{cases} F_z = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_E}\right| \\ v = \Omega_0 \times v_E \\ M_1 = 0\,,\ \ M_2 = 0 \end{cases}$$

- در صورتی که ستون در محل تقاطع دو دهانه بادبند عمود بر هم باشد، نیروهای تشدید یافته با در نظر گرفتن اثر ۳۰ درصد زلزله عمود بر جهت اصلی، محاسبه می‌گردد.

نیروی فشاری

$$\begin{cases} F_z = max \begin{cases} F_{z_1} = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ex}}\right| + \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| \\ F_{z_2} = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| + \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{Ex}}\right| \end{cases} \\ v = max \begin{cases} v_1 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E1})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E2})^2} \\ v_2 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E2})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E1})^2} \end{cases} \\ M_1 = 0\,,\ \ M_2 = 0 \end{cases}$$

نیروی کششی

$$\begin{cases} F_z = max \begin{cases} F_{z_1} = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ex}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| \\ F_{z_2} = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{Ex}}\right| \end{cases} \\ v = max \begin{cases} v_1 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E1})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E2})^2} \\ v_2 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E2})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E1})^2} \end{cases} \\ M_1 = 0\,,\ \ M_2 = 0 \end{cases}$$

✓ در سازه‌های یک جهت قاب بادبندی و یک جهت قاب خمشی

جهت قاب خمشی = ۱

جهت قاب بادبندی = ۲

- نیروهای طراحی در حالتی که صفحه ستون را در جهت قاب خمشی مورد بررسی قرار می‌دهیم (فرض می‌شود که قاب خمشی در جهت x قرار گیرد) :

(v_{E1} و v_{E2} با توجه به جهت فرضی قرار گرفتن ستون بترتیب معرف $v_{x,Ex}$ و $v_{y,Ey}$ می باشند)

نیروی فشاری

$$\begin{cases} F_{z_x} = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ex}}\right| + \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| \\ v_x = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E1})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E2})^2} \\ M_2 = 0.7 \times M_{P2}\,,\ \ M_1 = 0 \end{cases}$$

نیروی کششی

$$\begin{cases} F_{z_x} = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ex}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| \\ v_x = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E1})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E2})^2} \\ M_2 = 0.7 \times M_{P2}\,,\ \ M_1 = 0 \end{cases}$$

- نیروهای طراحی در حالتی که صفحه ستون را در جهت قاب بادبندی مورد بررسی قرار می‌دهیم :

نیروی فشاری

$$\begin{cases} F_{z_y} = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| \\ v_y = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E2})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E1})^2} \\ M_2 = 0.3 \times (0.7 \times M_{P2}) \cong 0.2 \times M_{P2}\,,\ \ M_1 = 0 \end{cases}$$

نیروی کششی

$$\begin{cases} F_{z_y} = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{Ey}}\right| \\ v_y = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E2})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E1})^2} \\ M_2 = 0.3 \times (0.7 \times M_{P2}) \cong 0.20 \times M_{P2}\,,\ \ M_1 = 0 \end{cases}$$

۵. برای طراحی در سطح تنش های مجاز باید نیروهای بدست آمده از قسمت های قبل را بر ۱/۶۷ تقسیم نمود.

۶ تنشهای مجاز مطابق مبحث دهم مقررات ملی به شرح زیر است:

تنش مجاز کششی بولت	$F_t = 0.43 \times F_{u_{bolt}} - 1.8 \times f_v \leq 0.33 \times F_{u_{bolt}}$
برش موجود در مقطع بولت	f_v
تنش مجاز برشی بولت	$F_v = 0.17 \times F_{u_{bolt}}$
تنش مجاز خمشی ورق	$F_t = 0.75 \times F_{y_{plate}}$
تنش مجاز فشاری بتن	$F_P = 0.3 \times F_c \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.6 \times F_c$
تنش مجازجوش	$f_w = 650 \times a$
حداقل تنش گسیختگی آرماتور *AIII*	$F_{u_{bolt}} = 5200\ {}^{kg}/_{cm^2}$
حداقل تنش گسیختگی آرماتور *AII*	$F_{u_{bolt}} = 4000\ {}^{kg}/_{cm^2}$

۷. در کلیه موارد باید صفحه ستون در دوجهت باربری جانبی سازه، و در هر جهت تحت ترکیب بار فشاری و کششی تشدید یافته، مقاومت لازم را دارا باشد.

می توان در هر جهت طراحی، ستون را برای ترکیب بار فشاری تشدید یافته طراحی کرد، سپس برای حالت ترکیب بار کششی تشدید یافته کنترل نمود. در همه حالات طراحی بهتر است اندازه ثابتی را برای صفحه ستون در نظر گرفت (حدوداً در هر دو جهت دو برابر اندازه ستون عدد مناسبی می‌باشد) و محل بولت‌ها و تعداد آنها را هم ثابت در نظر گرفت و تنها طراحی را بر روی ضخامت صفحه، اندازه بولت ها و سخت کننده‌ها انجام داد.

مثال : بدست آوردن نیروهای طراحی صفحه ستون از نیروهای خروجی نرم افزار طبق راهنمای تعیین نیروهای صفحه ستون

گام اول: گرفتن خروجی نیروهای Load case از نرم افزار در پای ستون مورد نظر(مثلا نقطه ۲۶)

STEP1	Story	Point	Load	FX	
	BASE	26	D	8.88	-2
	BASE	26	SD	3.89	-1
	BASE	26	L	-9.94	-1
	BASE	26	EX	-2521.85	-2
	BASE	26	EXP	-2543.92	-3
	BASE	26	EXN	-2499.79	-2
	BASE	26	EY	-249.5	-1
	BASE	26	EYP	-195.22	-1
	BASE	26	EYN	-303.78	-1

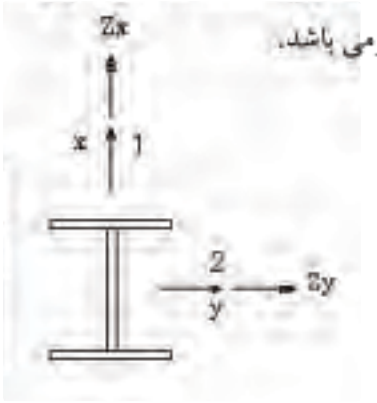
گام دوم: تعیین حداکثر قدر مطلق نیروهای نرم افزار ،(ممان طراحی با توجه به مشخصات ستون بدست می آید و نیازی به محاسبه آن در این گام نیست.)

STEP2	MAXIMUM OF PROGRAM OUTPUT FORCES					
(kg,cm)	LOAD CASE	FX(kg)	FY(kg)	FZ(kg)	MX	MY
DEAD	DEAD+SD	-	-	**23969.04**	-	-
LIVE	LIVE	-	-	**8145.86**	-	-
EX	حداکثر قدر مطلق(EX,EXN,EXP)	**2543.92**	3448.24	**12892.41**	-	-
EY	حداکثر قدر مطلق(EY,EYN,EYP)	303.78	**13346.94**	**52265.2**	-	-

$F_{x_{Ex}}$ $F_{y_{Ey}}$ $F_{z_{Ex}}$ $F_{z_{Ey}}$

گام سوم: مشخصات ستون مربوطه، A مساحت و Z مدول پلاستیک مقطع ستون حول محور مورد نظرمی باشد.

$$M_p = 1.2 \times Z \times F_y$$



STEP3			
جهت اصلی	مشخصات ستون		M_p
	A(cm^2)	130	
۲(Z_{MIN})	Z_1(cm^3)	306	881280
۱(Z_{MAX})	Z_2(cm^3)	951	2738880

گام چهارم: با توجه به وضعیت مشارکت ستون در باربری جانبی ، یکی از سه حالت زیر نیرو های طراحی را بدست می‌دهد، و صفحه ستون طراحی شده باید جوابگوی کلیه ترکیب بارها (تشدید یافته فشاری و تشدید یافته کششی در هر جهت بطور جداگانه) باشد.

توضیحات: در ادامه هرگاه صحبت از محور ۱ یا ۲ شد، منظور محورهای محلی مقطع ستون می‌باشد. و هر گاه صحبت از محور x و y شد، منظور محورهای کلی سازه می‌باشد. هر یک از محورهای محلی مقطع ستون می‌تواند در راستای x و یا y قرار گیرد. در نتیجه هنگامی که از V_1 صحبت می‌کنیم با توجه به اینکه این محور در راستای محور x و یا y قرار گرفته باشد، می‌تواند ناشی از E_x و یا E_y باشد.

سازه مورد بررسی در هر دو جهت x و y باید دارای سیستم مقاوم به منظور مقابله با بارهای جانبی ناشی از زلزله باشد. این سیستم‌ها می‌تواند قاب خمشی، قاب بادبندی ویا هر سیستم مورد تایید دیگری باشد. اما در بررسی یک ستون بمنظور طراحی صفحه اتصال آن، این ستون ممکن است در هردو جهت محلی خود (۱ و ۲) به سیستم‌های مقاوم در برابر زلزله (در راستای x و y) متصل باشد یا نباشد. به عنوان مثال ممکن است که، سیستم مقاوم جانبی سازه در جهت x از نوع قاب مهاربندی و در جهت y از نوع قاب خمشی باشد، اما ستونی که مورد بررسی قرار می‌گیرد می‌تواند در جهت x ساده باشد(عضو مقاوم در برابر بار جانبی نباشد) و در جهت y گیردار بوده و در قاب خمشی قرار داشته باشد.

حالت A: در صورتیکه ستون در یک جهت عضو مقاوم در قاب خمشی و در یک جهت ساده باشد و یا در هر دو جهت در قاب خمشی قرار داشته باشد.

(در این مثال جهت ۱ ستون هم جهت با x پلان و جهت۲ ستون هم جهت با y پلان می باشد.) در این حالت، جهت ۱ و۲ هردو مقاوم در قاب خمشی فرض می شوند. در نتیجه:

$v_{E1} = v_{x,Ex}{}^{I}$
$v_{E2} = v_{y,Ey}{}^{II}$

STEP2	MAXIMUM OF PROGRAM OUTPUT FORCES					
(kg,cm)	**LOAD CASE**	**VX(kg)**	**VY(kg)**	**FZ(kg)**	**MX**	**MY**
DEAD	DEAD+SD	-	-	***23969.04***	-	-
LIVE	LIVE	-	-	8145.86	-	-
EX	Max(abs(EX,EXN,EXP))	***2543.92*** ^{I}	3448.24	12892.41	-	-
EY	Max(abs(EY,EYN,EYP))	303.78	***13346.94*** ^{II}	52265.2	-	-

$F_z = F_{z_{Dead}}$, $M_1 = 0.9 \times M_{P_1}$, $v_1 = \Omega_0 \times v_{E1}$ در جهت 1
$F_z = F_{z_{Dead}}$, $M_2 = 0.9 \times M_{P_2}$, $v_2 = \Omega_0 \times v_{E2}$ در جهت 2

دو جهت خمشی	A				
	ULTIMATE DESIGN FORCES				
	DIRECTION OF DESIGN	V(kg)	FZ	MX	MY
نیروی طراحی	جهت ۱	7122.976	23969.04	2464992	0
	جهت ۲	37371.432	23969.04	0	793152

حالت B: در صورتیکه ستون در یک جهت در قاب خمشی و در یک جهت در قاب بادبندی قرار داشته باشد(در این مثال جهت ۱ ستون هم جهت با جهت x پلان و جهت۲ ستون هم جهت با جهت y پلان می باشد.) در این حالت جهت ۱ مقاوم در قاب خمشی و جهت ۲ مقاوم در قاب بادبندی فرض می شوند.

$$v_{E1} = v_{x,Ex}{}^{I}$$
$$v_{E2} = v_{y,Ey}{}^{II}$$
$$F_{z,E1} = F_{z,Ex}{}^{III}$$
$$F_{z,E2} = F_{z,Ey}{}^{IIII}$$

STEP2	MAXIMUM OF PROGRAM OUTPUT FORCES					
(kg,cm)	LOAD CASE	VX(kg)	VY(kg)	FZ(kg)	MX	MY
DEAD	DEAD+SD	-	-	**23969.04**	-	-
LIVE	LIVE	-	-	**8145.86**	-	-
EX	Max(abs(EX,EXN,EXP))	**2543.92** ^{I}	3448.24	**12892.41** ^{III}	-	-
EY	Max(abs(EY,EYN,EYP))	303.78	**13346.94** ^{II}	**52265.2** ^{IIII}	-	-

- نیروهای طراحی در حالتی که صفحه ستون را در جهت قاب خمشی مورد بررسی قرار می‌دهیم.(جهت۱)

نیروی فشاری
$$\begin{cases} F_{z_1} = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_{E1}}\right| + \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{E2}}\right| \\ v_1 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E1})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E2})^2} \\ M_2 = 0.7 \times M_{P2}\,,\ \ M_1 = 0 \end{cases}$$

نیروی کششی
$$\begin{cases} F_{z_1} = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{E1}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{E2}}\right| \\ v_1 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E1})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E2})^2} \\ M_2 = 0.7 \times M_{P2}\,,\ \ M_1 = 0 \end{cases}$$

- نیروهای طراحی در حالتی که صفحه ستون را در جهت قاب بادبندی مورد بررسی قرار می‌دهیم.(جهت۲)

نیروی فشاری
$$\begin{cases} F_{z_2} = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_{E2}}\right| + \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{E1}}\right| \\ v_2 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E2})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E1})^2} \\ M_2 = 0.3 \times (0.7 \times M_{P2}) \cong 0.2 \times M_{P2}\,,\ \ M_1 = 0 \end{cases}$$

نیروی کششی
$$\begin{cases} F_{z_1} = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{E2}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{E1}}\right| \\ v_2 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E2})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E1})^2} \\ M_2 = 0.3 \times (0.7 \times M_{P2}) \cong 0.20 \times M_{P1}\,,\ \ M_1 = 0 \end{cases}$$

خمشی۱ – بادبندی۲	B				
	ULTIMATE DESIGN FORCES				
	DIRECTION OF DESIGN	V(kg)	FZ	M1	M2
طراحی فشاری	جهت ۱	13282.80621	110487.2	1917216	0
	جهت ۲	37432.47575	187657.9	547776	0
طراحی کششی	جهت ۱	13282.80621	-59627.8	1917216	0
	جهت ۲	37432.47575	-136799	547776	0

حالت C: در صورتیکه ستون در یک جهت در قاب بادبندی ودر جهت دیگر ساده باشد، یا دو جهت در قاب بادبندی باشد(در این مثال جهت ۱ ستون هم جهت با x پلان و جهت۲ ستون هم جهت با y پلان می باشد.) در این حالت جهت ۱ و ۲ مقاوم در قاب بادبندی فرض می شوند. در نتیجه:

$$v_{E1} = v_{x,Ex}{}^{I}$$
$$v_{E2} = v_{y,Ey}{}^{II}$$
$$F_{z,E1} = F_{z,Ex}{}^{III}$$
$$F_{z,E2} = F_{z,Ey}{}^{IIII}$$

STEP2	MAXIMUM OF PROGRAM OUTPUT FORCES					
(kg,cm)	LOAD CASE	VX(kg)	VY(kg)	FZ(kg)	MX	MY
DEAD	DEAD+SD	-	-	**23969.04**	-	-
LIVE	LIVE	-	-	**8145.86**	-	-
EX	Max(abs(EX,EXN,EXP))	**2543.92** ^{I}	3448.24	**12892.41** ^{III}	-	-
EY	Max(abs(EY,EYN,EYP))	303.78	**13346.94** ^{II}	**52265.2** ^{IIII}	-	-

نیروی فشاری
$$\begin{cases} max \begin{cases} F_{z_1} = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_{E1}}\right| + \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{E2}}\right| \\ F_{z_2} = \left|F_{z_{Dead}}\right| + \left|0.8 \times F_{z_{Live}}\right| + \left|\Omega_0 \times F_{z_{E2}}\right| + \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{E1}}\right| \end{cases} \\ max \begin{cases} v_1 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E1})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E2})^2} \\ v_2 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E2})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E1})^2} \end{cases} \\ M_1 = 0\,,\ \ M_2 = 0 \end{cases}$$

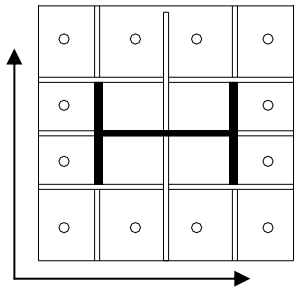
$$\text{نیروی کششی} \begin{cases} max \begin{cases} F_{z_1} = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{E1}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{E2}}\right| \\ F_{z_2} = \left|0.85 \times F_{z_{Dead}}\right| - \left|\Omega_0 \times F_{z_{E2}}\right| - \left|0.3 \times \Omega_0 \times F_{z_{E1}}\right| \end{cases} \\ max \begin{cases} v_1 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E1})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E2})^2} \\ v_2 = \sqrt{(\Omega_0 \times v_{E2})^2 + (.3 \times \Omega_0 \times v_{E1})^2} \end{cases} \\ M_1 = 0\,,\ M_2 = 0 \end{cases}$$

یک یا دو جهت بادبندی	C				
	ULTIMATE DESIGN FORCES				
	DIRECTION OF DESIGN	V(kg)	FZ	M1	M2
طراحی فشاری	MAX(جهت 1,2)	37432.47575	187657.9	0	0
طراحی کششی	MAX(جهت 1,2)	37432.47575	-136799	0	0

در صورتیکه ستون در دو جهت ساده باشد (در باربری جانبی شرکت نکند)، کافیست طراحی صفحه ستون براساس بارهای سرویس انجام پذیرد.

طراحی صفحه ستون:

با فرض اینکه ستون در حالت B قرار داشته باشد، در ادامه طراحی صفحه ستون براساس نیروهای بدست آمده در حالت B انجام می گیرد.

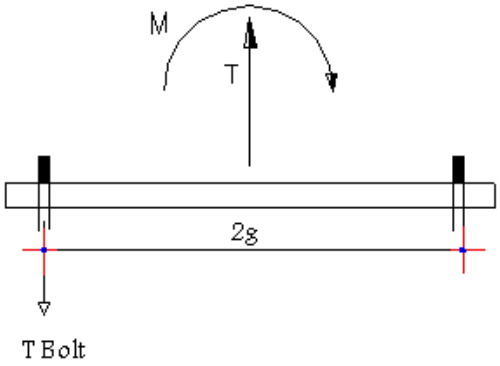


جهت ۲ (y)

جهت ۱ (x)

در طراحی فشاری با استفاده از نیروهای طراحی فشاری در دو جهت ، از ۱۲ عدد بولت ۲۰ و ورق با ضخامت ۲.۵ سانتیمتر استفاده می شود(از روش های معمول نشریه ۲۶۴ برای طراحی فشاری استفاده می شود). حال باید کفایت ورق و بولت ها تحت نیرو های کششی طراحی کنترل شود:

کنترل کشش در جهت ۱:



تعداد کل بولت ها=N

نیروی کششی حداکثر در بولت:

$$T_{BOLT} = \frac{T}{N} + \frac{(\frac{M}{2g})}{(N/2)} = \frac{59627}{12} + \frac{(\frac{1917216}{36})}{6} = 14367\,kg$$

تنش موجود کششی:

$$f_{BOLT} = \frac{T_{BOLT}}{1.67 A_{BOLT}} = \frac{14367}{1.67 \times 3.14} = 2738\ \frac{kg}{cm^2}$$

f_{BOLT} تنش کششی در بولت می باشد وباید از تنش مجاز کمتر باشد:

تنش موجود برشی:

$$f_V = \frac{V}{1.67 \times NA_{BOLT}} = \frac{13282}{1.67 \times 12 \times 3.14} = 207\ \frac{kg}{cm^2}$$

تنش مجاز کششی:

$$F_t = 0.43 F_u - 1.8 f_V = 0.43 \times 5200 - 1.8 \times 206 = 1863\ \frac{kg}{cm^2}$$

تنش مجاز برشی:

$$F_v = 0.17 \times F_u = 0.17 \times 5200 = 884\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_t \le f_{BOLT} \qquad NG.$$

مشاهده می شود تنش در بولت ها از مقدار مجاز بیشتر است، بنابراین باحفظ ضخامت ورق و تعداد و موقعیت بولت ها ، اندازه بولت ها را به ۲۵ تغییر می‌دهیم:

$$f_{BOLT} = 1752\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_t = 1996\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_t \ge f_{BOLT} \qquad OK.$$

$F_V \geq f_V \quad OK.$

حال باید کنترل کشش در جهت ۲ هم صورت پذیرد:

$$T_{BOLT} = \frac{T}{N} + \frac{(\frac{M}{۲g})}{(N/۲)} = \frac{۱۳۶۷۹۹}{۱۲} + \frac{(\frac{۵۴۷۷۷۶}{۳۶})}{۶} = ۱۳۹۳۵\, kg$$

$$f_{BOLT} = \frac{T_{BOLT}}{۱.۶۷A_{BOLT}} = \frac{۱۳۹۳۵}{۱.۶۷\times ۳.۱۴} = ۱۷۰۳\ \frac{kg}{cm^۲}$$

$$f_V = \frac{V}{۱.۶۷\times NA_{BOLT}} = \frac{۳۷۳۷۱}{۱.۶۷\times ۱۲\times ۴.۹} = ۳۸۱\ \frac{kg}{cm^۲}$$

تنش مجاز کششی: $F_t = ۰.۴۳F_u - ۱.۸f_V = ۰.۴۳\times ۵۲۰۰ - ۱.۸\times ۳۸۱ = ۱۸۵۴\ \frac{kg}{cm^۲}$

تنش مجاز برشی: $F_v = ۰.۱۷\times F_u = ۰.۱۷\times ۵۲۰۰ = ۸۸۴\ \frac{kg}{cm^۲}$

$F_V \geq f_V \quad OK.$

$F_t \geq f_{BOLT} \quad OK.$

بنابراین صفحه ستون با ضخامت ۲.۵ سانتیمتر و ۱۲ عدد بولت با قطر ۲۵ میلیمتراستفاده می شود.