بررسی رفتار اتصالات مختلف Stud به Bottom track تحت نیروهای آپلیفت

نویسنده: میلاد جدیدالاسلامی[1]

[1]میلاد جدیدالاسلامی، طراح سازه و مدیر انستیتو ال اس اف ایران، miladeslami99@gmail.com

مخاطب مقاله: طراح و مجریان محترم سازه های ال اس اف

اردیبهشت ۱۴۰۵

/https://lsfinstitute.com
https://www.aparat.com/lsfinstitute

۱- مقدمه

یکی از مهمترین اتصالات در سازه های ال اس اف، اتصال استاد به ترک تحتانی[1] است. این اتصال دو عملکرد مهم دارد:

- انتقال نیروهای ثقلی (رو به پایین) به از استاد به ترک تحتانی
- انتقال نیروهای آپلیفت از استاد به ترک تحتانی

در خصوص عملکرد اول در تحقیق دیگری جزئیات آن مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق هدف بررسی عملکرد دوم یعنی انتقال نیروهای آپلیفت است.

۲- روش تحقیق

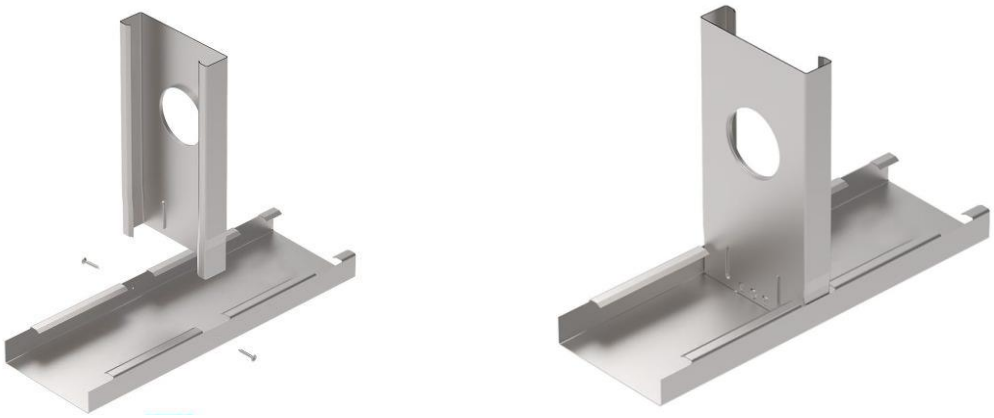
به منظور بررسی عملکرد اتصالات مختلف تحت نیروهای آپلیفت، یک مدل المان محدود در نرم افزار SAP2000 ایجاد شده است. سه عدد استاد توسط اتصالات مختلف به یک ترک تحتانی متصل شده اند. هر سه آنها تحت نیروی آپلیفت ۵ کیلونیوتن قرار گرفته اند نتایج تحلیل بدست آمده این مدل مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته است.

۳- معرفی اتصالات مختلف

به منظور انتقال نیروهای آپلیفت استاد به ترک تحتانی از اتصالات مختلفی استفاده میشود که در ادامه معرفی می شوند. شایان ذکر است استفاده از بولت برای اتصال ترک تحتانی به فونداسیون در همه گزینه ها استفاده شده است.

۱-۳- اتصال پیچی ساده (بدون ادوات اتصال)

این نوع اتصال عملا ساده ترین اتصال استاد به ترک تحتانی است که در ان استاد توسط دو یا چهار پیچ از طریق دو بال استاد به دو بال ترک تحتانی متصل می شود. مزیت این اتصال راحتی و ارزان بودن آن است.



شکل ۱- اتصال ساده استاد به ترک تحتانی

[1] Bottom Track

۲-۳- اتصال با واشر پهن

در این نوع اتصال، یک واشر سوراخ دار روی جان ترک تحتانی قرار میگیرد و با یک بولت به فونداسیون متصل میشود. این اتصال در کشور استرالیا به وفور استفاده میشود. قطر واشر بین ۵۰ تا ۶۰ میلیمتر و ضخامت آن ۴ میلیمتر است. همچنین جنس آن حتما گالوانیزه گرم است.

شکل ۲- تصویر واشر پهن

۳-۳- اتصال با نبشی اتصال

این اتصال نوعی نبشی گالوانیزه سبک به ضخامت ۴ میلیمتر و عرض بال ۵۰ میلیمتر است. طول آن نیز ۵۰ میلیمتر است. یک بال آن به وسیله بولت به فونداسیون متصل می شود و بال دیگر آن با استفاده از پیچ به جان استاد متصل میشود.

شکل ۳- نبشی اتصال

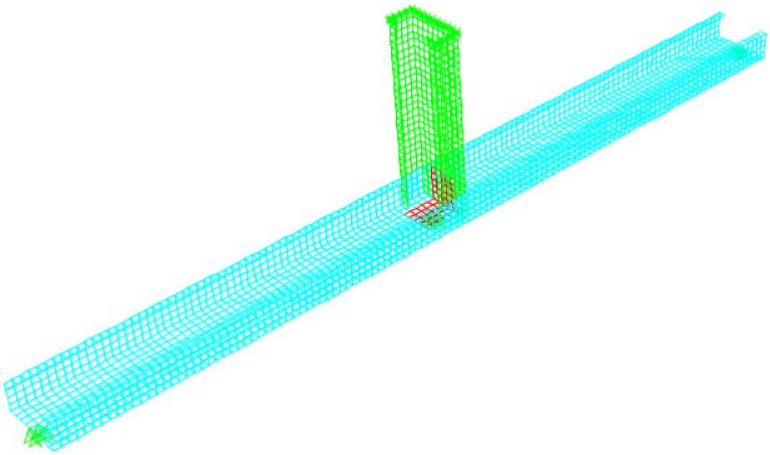
۴-۳- اتصال هولد داون Hold Down

این نوع اتصال که برای سازه های کانادایی طراحی شده است، از ورق فولادی با ضخامت ۶ میلیمتر ساخته میشود. طول یک بال آن حدود ۲۵ سانتیمتر و بال دیگر ۶ سانتیمتر است. همچنین برای سختی بیشتر از سخت کننده نیز در ان استفاده شده است.

شکل ۴- اتصال هولد دان

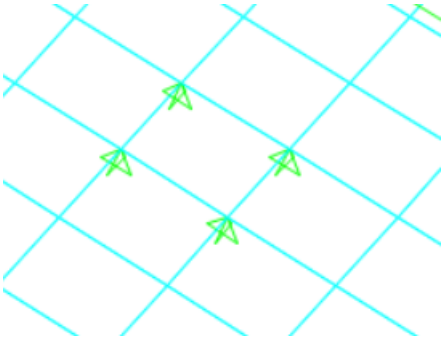
۴- مدلسازی

تمامی اتصالات در نرم افزار SAP2000 ایجاد شده اند و ابعاد مش ها به ۱۰ میلیمتر محدود شده است. به منظور جلوگیری از اثر استادها با اتصالات معرفی شده مختلف، هر اتصال به صورت جداگانه مدلسازی شده است. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، یک عدد استاد به وسیله یک اتصال به ترک تحتانی متصل شده و در دو انتهای ترک تحتانی که در فاصله ۶۰ سانتیمتری از استاد قرار دارند یک عدد بولت در نظر گرفته شده است.



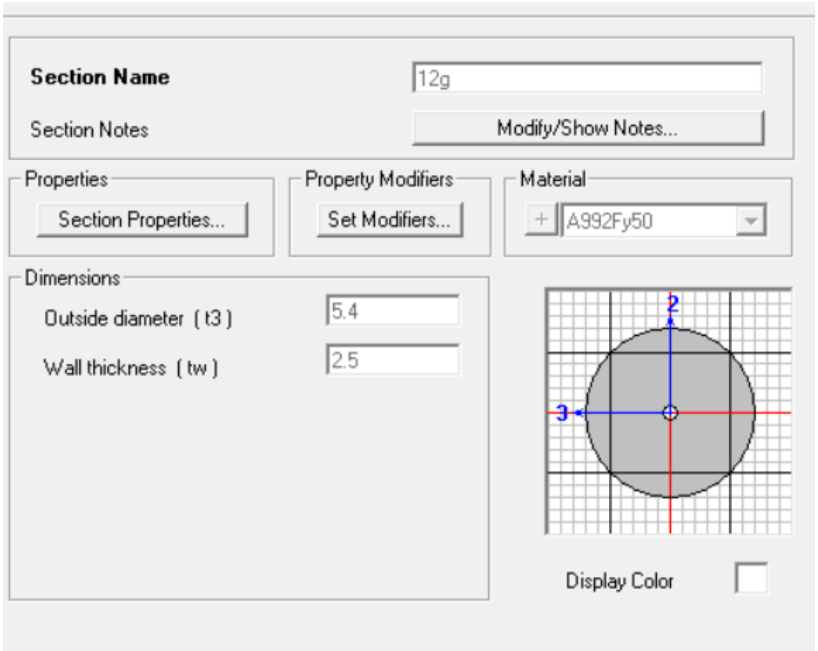
شکل ۵- مدل نمونه برای بررسی اتصال

برای مدلسازی اتصال بولت به فونداسیون از چهار قید مفصل استفاده شده است.



شکل ۶- قیود تکیه گاهی نماینده اتصال بولت به فونداسیون

به منظور ایجاد اتصال پیچی بین استاد و ترک تحتانی از یک المان واسط با قطر معادل با یک پیچ یعنی ۵.۴ میلیمتر استفاده شده است.



۵- بارگذاری

در اثر اعمال بار باد به ساختمان های دارای بام های شیب دار، بار آپلیفت در ساختمان ایجاد میشود. طبق مبحث ششم مقررات ملی، شدیدترین ضریبی که برای بار آپلیفت باید در نظر گرفته شود، ضریبی برابر با ۲ است که در لبه های ساختمان و لبه های بام در دو انتهای آن ایجاد میشود. این ضریب باید در مقدار بار باد بدست آمده برای بام اعمال شود.

بار باد براساس موقعیت منطقه، ارتفاع ساختمان، شکل هندسی ساختمان و موانع اطراف، بر اساس مبحث ششم ویرایش ۱۳۹۸ بارگذاری محاسبه شده است. لازم به تذکر می باشد جهت طراحی سیستم جانبی مقاوم در برابر باد از سیستم بادبند هم محور فولادی در هر دو جهت استفاده شده است. فشار یا مکش خارجی تحت اثر باد روی سیستم اصلی باربر یا روی جزیی از سطح خارجی ساختمان از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$P = I_w q C_e C_t C_g C_p C_d$$

در این رابطه :

P : فشار یا مکش خارجی استاتیکی در جهت عمود بر سطح است که در حالت فشار بـه سـمت رو به سطح و در حالت مکش به سمت خارج از سطح عمل می‌کند.

I_w : ضریب اهمیت بار باد، طبق جدول (۶-۱-۲)

q : فشار مبنای باد بر اساس بند ۶-۱۰-۳ و رابطه ۶-۱۰-۲

C_e : ضریب اثر تغییر سرعت طبق بند ۶-۱۰-۶

C_t : ضریب پستی و بلندی زمین طبق بند ۶-۱۰- ۷

C_g : ضریب اثر تند باد طبق بند ۶-۱۰-۸ یا ۶-۱۰-۹

C_p : ضریب فشار طبق بند ۶-۱۰-۸ یا ۶-۱۰-۹

C_d : ضریب هم‌راستایی باد طبق بند ۶-۱۰-۱۲

فشار مبنای باد

فشار مبنای باد در منطقه مورد نظر (شهر تهران) برابر ۰.۴۷ کیلو نیوتن بر متر مربع می‌باشد:

ضریب اهمیت ساختمان

ضریب اهمیت ساختمان مطابق جدول زیر برابر یک در نظر گرفته شده است.

ضریب اهمیت ساختمان مطابق مبحث ششم ویرایش ۱۳۹۸

گروه خطرپذیری مطابق جدول ۶-۱-۱	ضریب اهمیت بارزلزله، I_e	ضریب اهمیت بار باد، I_w	ضریب اهمیت بار یخ، I_i	ضریب اهمیت بار برف، I_s
۱	۱٫۴	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۲
۲	۱٫۲	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸

ضریب اثر تغییر سرعت

ساختمان مورد نظر یک ساختمان دو طبقه مسطح می‌باشد در نتیجه ارتفاع مبنای در محاسبات برابر ۸ متر در نظر گرفته شده است.

$$C_e = 0.7(\frac{Z}{12})^{0.3} > 0.7$$

$$C_e = 0.7(\frac{3.5}{12})^{0.3} = 0.483 < 0.7 \qquad C_e = 0.7$$

ضریب پستی بلندی

با توجه به عدم وجود پستی و بلندی در کنار ساختمان این ضریب ۱ می‌باشد.

ضریب هم راستایی

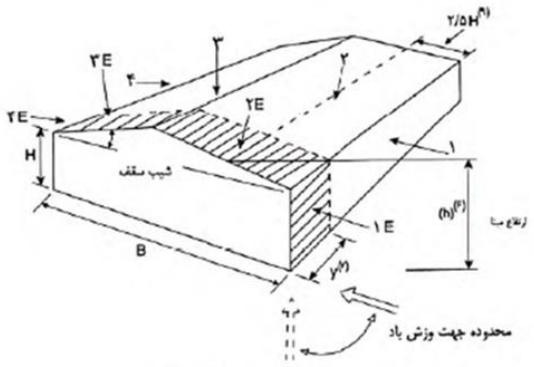
مطابق بند ۶-۱۰-۱۲ برای ساختمان های مسکونی ضریب همراستایی برابر ۰.۸۵ می باشد.

در نتیجه فشار باد با رابطه زیر قابل تعیین است:

$$P = I_w q C_e C_t C_g C_p C_d = 1 * 0.47 * 0.7 * 1 * C_g C_p * 0.85 = 0.28 C_g C_p$$

ضریب اثر تند باد و فشار

ضریب CpCg از شکل های زیر قابل تعیین می‌باشد.
الف- جهت باد همسو با شیب سقف



جهت باد همسو با شیب سقف

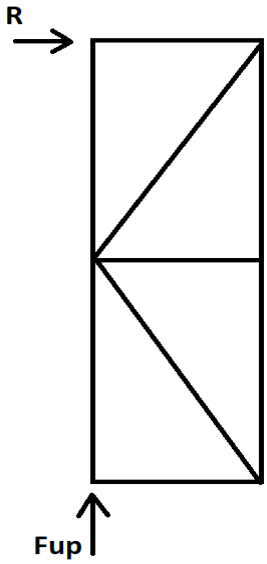
شیب سقف	بدنه ساختمان							
	۱	۱E	۲	۲E	۳	۳E	۴	۴E
۰° تا ۵°	۰/۷۵	۱/۱۵	-۱/۳	-۲/۰	-۰/۷	-۱/۰	-۰/۵۵	-۰/۸
۲۰°	۱/۰	۱/۵	-۱/۳	-۲/۰	-۰/۹	-۱/۳	-۰/۸	-۱/۲
۳۰° تا ۴۵°	۱/۰۵	۱/۳	۰/۴	۰/۵	-۰/۸	-۱/۰	-۰/۷	-۰/۹
۹۰°	۱/۰۵	۱/۳	۱/۰۵	۱/۳	-۰/۷	-۰/۹	-۰/۷	-۰/۹

P=0.28*2=0.48 kN/m2

بنابراین فشار رو به بالای باد برابر با 0.48kN/m2 بدست آمده است که باید تبدیل به نیروی آپلیفت شود. با فرض این که خرپا دهانه ده متری دارد خواهیم داشت:

$$Load\ width = \frac{10}{2} = 5m$$
$$Stud\ spacing = 0.6m$$
$$Upward\ force = 5*0.6*0.48 = 1.44kN$$
$$Roof\ dead = 0.5kPa$$
$$dead\ load = 5*0.6*0.5 = 1.5$$
$$Uplift\ Combination = 0.9D - W_{up} = 0.9*1.5 - 1.44 = -0.09kN$$

نیرو آپلیفتی که ناشی از نیروی باد رو به بالا است زیاد قابل توجه نیست. همچنین باید در نظر داشت که آپلیفت در استادها میتواند ناشی از نیرویی باشد که به علت وجود مهاربندها ایجاد میشود.



شکل ۷- مکانیزم ایجاد آپلیفت در استاد تحت نیروهای جانبی

اگر فرض کنیم که یک مهاربند K مقاومتی برابر با 1.5kN داشته باشد خواهیم داشت:

$$wall\ height = 3m$$

$$stud\ spacing = 0.6$$

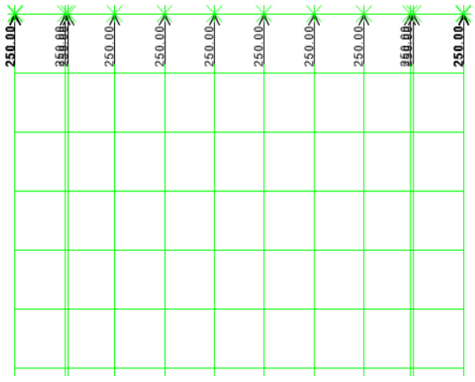
$$R * H_w = F_{up} * 0.6 \rightarrow F_{up} = \frac{1.5*3}{0.6} = 8kN$$

$$wall\ weight = 1.0\frac{kN}{m^2}$$

$$wall\ dead = 0.6*3*1.0 = 1.8$$

$$Uplift\ combinatio = 0.9D - F_{up} = 0.9*(1.5+1.8) - 8 = -5.0kN$$

با توجه به محاسبات فوق، به هر استاد ۵ کیلونیوتن نیروی آپلیفت اعمال میکنیم.



شکل ۸- نحوه اعمال نیروی آپلیفت به استاد در مدل

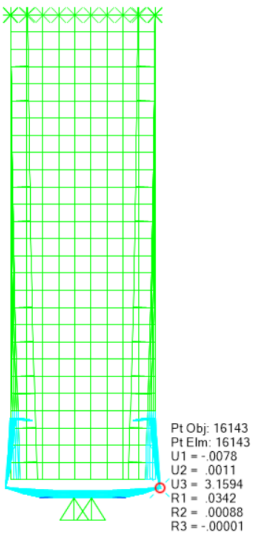
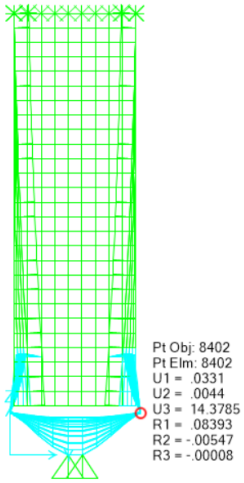
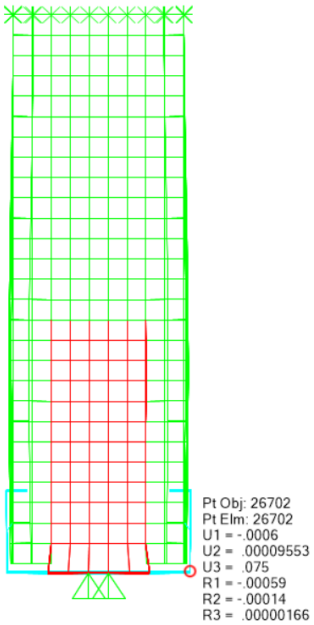
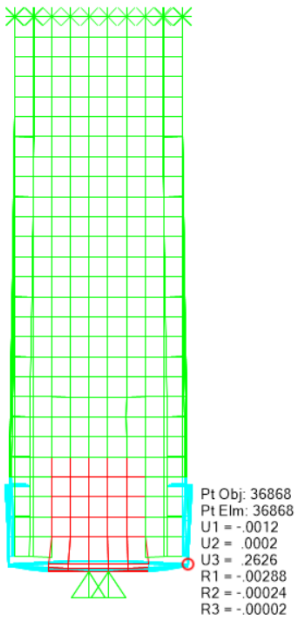
همچنین به منظور جلوگیری از ناپایداری سازه و جابجایی های غیرطبیعی، نقاط بالای استادها در جهت X و Y مقید شده اند.

۶- نتایج تحلیل

تحلیل سازه ای به صورت استاتیکی خطی انجام شده است.

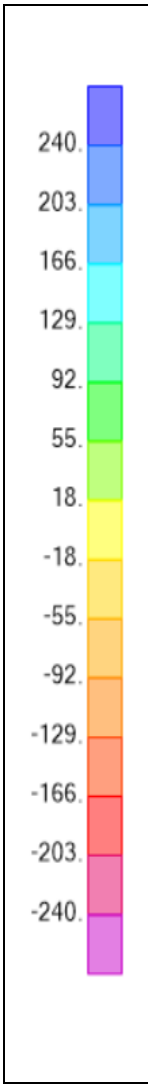
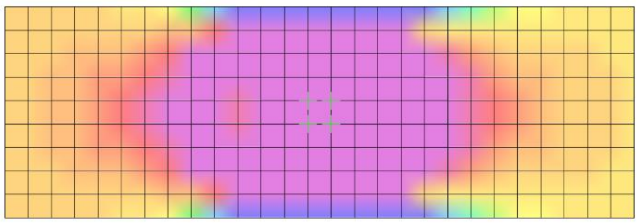
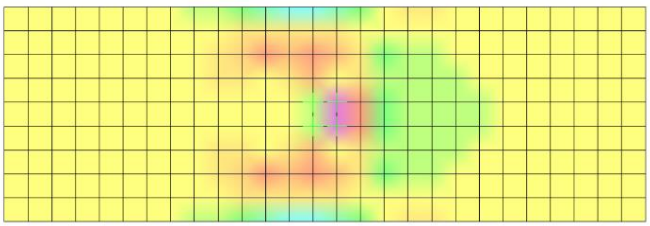
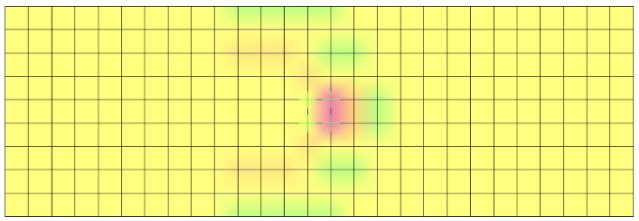
۶-۱- تغییر شکل

بلندشدگی زیر بال ترک تحتانی در شکل های زیر گزارش شده است.

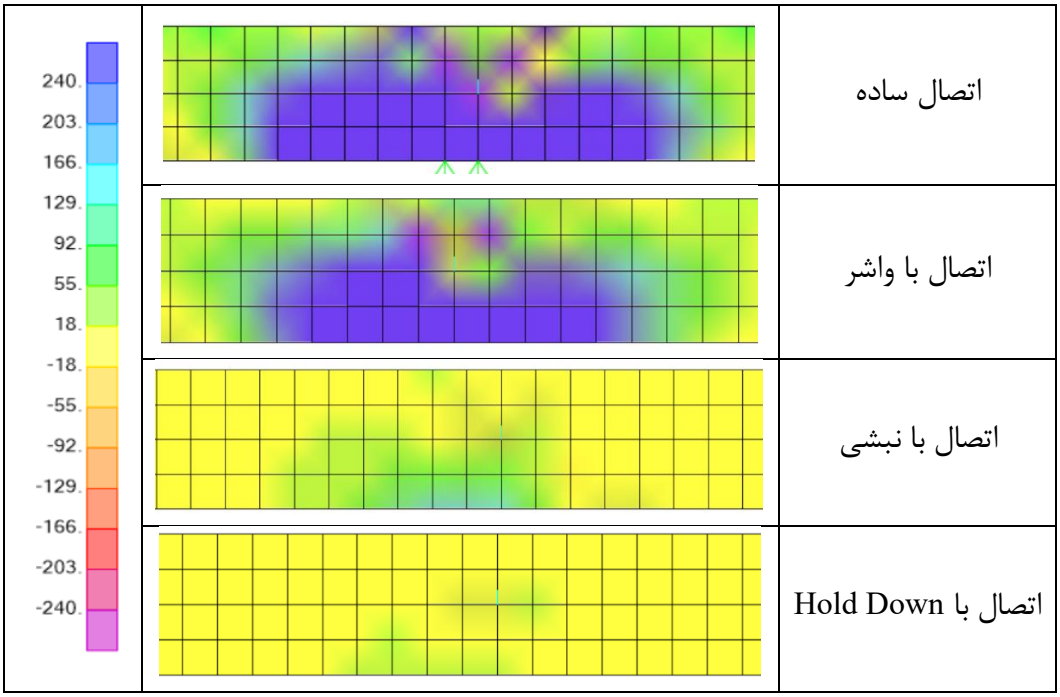
	
اتصال با واشر	اتصال ساده
	
اتصال با Hold Down	اتصال با نبشی

۲-۶- تنش

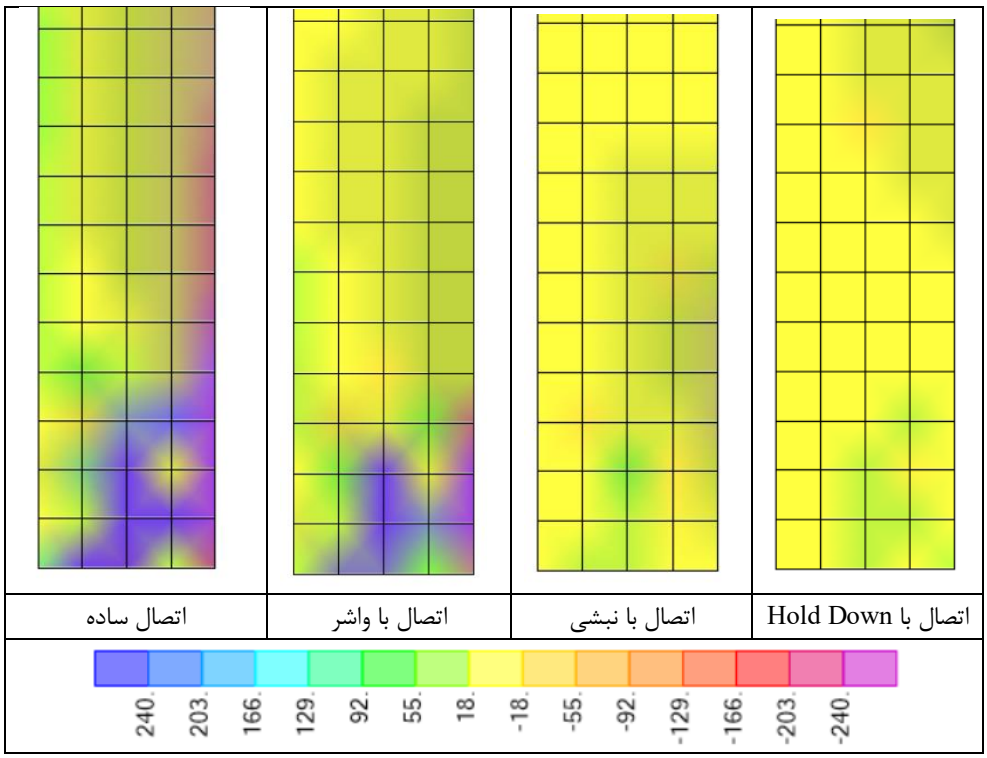
در جدول زیر تنش به S22 به وجود آمده در جان ترک تحتانی نمایش داده شده است.

	اتصال ساده
	اتصال با واشر
	اتصال با نبشی
	اتصال با Hold Down

جدول بعدی تنش به وجود آمده در بال ترک تحتانی در اثر نیروی آپلیفت را نشان میدهد.



در جدول زیر تنش به وجود آمده در بال استاد نمایش داده شده است.



۷- خلاصه نتایج

خلاصه نتایج بدست آمده در جدول زیر نشان داده شده است.

	اتصال ساده	اتصال با واشر	اتصال با نبشی	اتصال Hold Down
بلندشدگی ترک تحتانیmm	14.3	3.1	0.2	0.07
تنش در جان ترک تحتانی Mpa	2000	500	200	140
تنش در بال ترک تحتانیMpa	1800	800	110	30
تنش در بال استادMpa	400	220	30	25

در کنار نتایج بدست آمده فوق لازم به ذکر است که نیروی آپلیفت به وجود آمده در استاد که برابر با ۵ کیلونیوتن است، بیشتر از مجموع مقاومت برشی دو پیچ اتصال استاد به ترک تحتانی است چرا که مقاومت برشی هر پیچ برابر با ۲ کیلونیوتن در نظر گرفته میشود. بنابراین نیاز به توضیح نیست که استفاده از دو پیچ در هر طرف اتصال یعنی مجموعا ۴ پیچ لازم است.

۸- نتیجه گیری

پارامترهای مهمی که در ناحیه اتصال استاد به ترک تحتانی مشاهده می شود تحت بار آپلیفت بدست آمد و گزارش شد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که اتصال های ساده و همچنین اتصال با واشر برای ناحیه آپلیفت حداکثر کارایی چندانی ندارد و استفاده از آنها برای ناحیه مربوط به مهاربندهای K توصیه نمی شود. شایان ذکر است که در اتصالات در نواحی دیگر که نیروهای حداکثر آپلیفت وجود ندارد مشکلی ندارد.

نتایج بدست آمده نشان می دهد که دو اتصال نبشی و همچنین Hold Down نتایج خوب و قابل قبولی داشته اند. باید توجه داشته که اتصالات هولد دان هزینه های قابل توجه دارند و اصولا برای سازه های کانادایی ساخته شده اند در حالی که اتصال نبشی با این که بسیار از اتصال هولد دان کوچکتر و ارزانتر است اما نتایجی بسیار نزدیک به اتصال هولد دان داشته است.