Archive of SID

بررسی عملکرد بست‌های قورباغه‌ای در رفتار مخازن هوایی فولادی در برابر زلزله

ساسان عشقی استادیار پژوهشکده سازه، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
مهدی ادیبی کارشناس ارشد مهندسی زلزله و عضو هیأت علمی دانشگاه بجنورد

چکیده

بست‌های قورباغه‌ای که در صنعت به عنوان مهارکش معرفی می‌شوند، مورد استفاده زیادی در سازه‌های خاص دارند. استفاده از این بست‌ها در سازه‌های مهمی نظیر مخازن هوایی ودکل‌های مخابراتی از یک سو و عدم آگاهی از رفتار دقیق انواع مختلف آنها از سوی دیگر، موجب اهمیت بررسی رفتار این بست‌ها تحت اثر زلزله می‌شود. در سازه‌هایی که دارای بست قورباغه‌ای بوده و در زلزله‌ها آسیب دیده‌اند، مشاهده می‌گردد که اکثر آسیب‌ها در این بست‌ها رخ داده است. در آیین نامه‌های موجود سازه‌های فولادی به طور محدود به این موضوع پرداخته شده است. استاندارد AISC انواع مجاز این بست‌ها و مشخصات فنی آنها را با ذکر ظرفیت مجاز بیان نموده است. با توجه به اینکه انتخاب بست‌های قورباغه‌ای بر مبنای ظرفیت کششی عضو مهاربند صورت می‌گیرد؛ مطالعات انجام شده در این مقاله با فرض اطلاع از بار طراحی لرزه‌ای مهاربند، با در نظر گرفتن ملاحظات دینامیکی، صورت گرفته است. در نتیجه فقط به بررسی عملکرد بست‌های قورباغه‌ای در سازه پرداخته شده است. در این مقاله بعد از شناسایی انواع بست‌های قورباغه‌ای مورد استفاده در صنعت ساختمان و استانداردها و دستورالعمل‌های مرتبط، عملکرد آنها در یکی از زلزله‌های ایران (زلزله فروردین ماه سال ۱۳۸۵ سیلاخور) مورد بررسی قرار گرفته است. سپس تعدادی از بست‌های موجود برای انجام آزمایش کشش انتخاب شدند. با استفاده از نتایج حاصل از منحنی‌های نیرو تغییرمکان دستگاه کشش و کرنش سنج‌هایی که بر روی بست‌ها نصب شده بود، سعی گردید تا درک بهتری از رفتار این اجزا حاصل شود. نتایج حاصل از بررسی رفتار این بست‌ها، نمایانگر نامناسب بودن نوع اتصالات آنها خصوصاً در بست‌های قورباغه‌ای از نوع قلابدار است. تغییر شکل نامناسب قلاب تحت اثر کشش وارده باعث عدم توسعه شکل‌پذیری مناسب در رفتار بست می‌گردد. این نتیجه هم در مطالعات آزمایشگاهی و هم در مشاهدات آسیب‌های زلزله سیلاخور مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: بست‌های قورباغه‌ای، مخازن هوایی، رفتار لرزه‌ای، مهندسی زلزله، زلزله ۱۳۸۵ سیلاخور (ایران).

Study of Turnbuckle Behavior on Seismic Performance of Elevated Water Tanks

S. Eshghi International Institute of Earthquake Engineering & Seismology, Tehran
M. Adibi Department of Civil Engineering, Bojnord University

Abstract

Turnbuckles have many applications in special structures including elevated water tanks. A proper seismic performance of elevated water tanks depend on its supporting structure behavior. And supporting structure comprises of bracing elements and turnbuckles. In this study, behavior of common types of turnbuckles is investigated. A number of them were tested under tensile loading to obtain the force-displacement curves. The results showed that the form of their connecting elements can play a major role in their behavior as components of bracing systems. This result reinforced by the observations made by the authors on a few of damaged elevated water tanks after March 2006, Silakhor (Iran) Earthquake. In conclusion, the turnbuckles with hook shaped connecting elements behaved unsatisfactory both under standard testing as well as during a real earthquake.

Key words: Elevated water tanks, Turnbuckle, Seismic performance, Earthquake engineering, Silakhor earthquake.

www.SID.ir

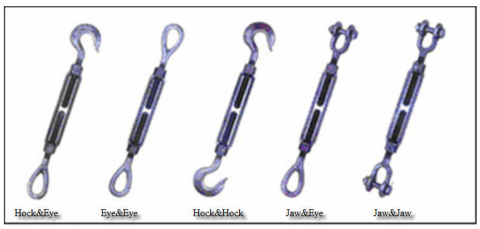
Archive of SID

۱- مقدمه

به طور کلی بست‌های قورباغه‌ای تنها در اعضای صرفاً کششی می‌توانند بکار گرفته شوند و در صورت خرابی می‌توان آنها را تعویض کرد. فلسفهٔ استفاده از این بست‌ها نیز استفاده هر چه بیشتر از اعضای کششی با تأمین کشش مناسب است. لازم به ذکر است که اساساً مسأله استفاده از مهاربندهایی که فقط در کشش کار می‌کنند و قابلیت تحمل فشار را ندارند در سال‌های اخیر توسط بعضی از محققان مورد تردید قرار گرفته است. در این مقاله با فرض امکان‌پذیر بودن استفاده از این نوع مهاربندها، نقش بست‌های قورباغه‌ای به کار رفته در آنها مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان نمونه یکی از موارد کاربرد زیاد این بست‌ها، در مهار بندهای صرفاً کششی سازه‌های نگهدارندهٔ مخازن هوایی فولادی می‌باشد. با هر بار وارد شدن بار زلزله و با بارهای جانبی شدید دیگر و یا عواملی همچون گرمای زیاد بعضی فصول مانند تابستان که تنش‌های محوری و کششی زیادی در این اعضا ایجاد می‌کنند، این اعضا دچار افزایش طول می‌شوند که این موضوع می‌تواند در بار بری کششی مجدّد آنها اخلال ایجاد کند. از این رو با رگلاژ (پیچاندن) این بست‌ها که قابلیت بلند و کوتاه شدن آن را ایجاد می‌کنند، طول کلی این اعضا را کاهش می‌دهند تا بتواند دوباره تحت اثر بار قرار گیرند.

۱-۱- انواع بست‌های قورباغه‌ای

شکل (۱)، بست‌های قورباغه‌ای که به طور معمول در سازه‌های صنعتی کشورمان استفاده می‌شوند را نمایش می‌دهد. چنانچه در شکل نیز دیده می‌شود این بست‌ها مطابق با دسته‌بندی آئین نامه‌های معتبر دنیا همچون AISC و تیهیدات ویژه فدرال آمریکا به ۶ دستهٔ H/E، H/H، J/E، E/H و J/J تقسیم می‌شوند.



شکل ۱- انواع معمول بست‌های قورباغه‌ای [۲]

نام‌گذاری این بست‌ها بر مبنای چگونگی نوع اتصال این بست‌ها به عضو اصلی صورت می‌گیرد، به این ترتیب که Hook نماینده اتصال قلابدار، Eye نشانگر اتصال حلقوی و Jaw نشان دهندهٔ اتصال فکدار می‌باشد که از یک عضو U شکل و یک پیچ تشکیل شده است (شکل ۱). به عنوان مثال، بست قورباغه‌ای H/E بستی است که در یک سر آن از اتصال قلابدار و در سر دیگر از اتصال حلقوی استفاده شده است. مقادیر مقاومت کششی این بست‌ها نیز تفاوت داشته و بستگی به نوع بست و قطر میلگرد به کار رفته در آن دارد. به این ترتیب که بست‌های H/E -که در سازه‌های صنعتی نیز مصرف زیادی دارد- و H/H را معمولاً از جنس ضعیفتری که مقاومت کششی کمتری دارد، می‌سازند و بقیه انواع بست‌ها از فولادی با مقاومت بالاتر ساخته می‌شود. در میان این بست‌ها چنانچه گفته شد نوع H/E از بقیه کاربرد بیشتری دارد و علت آن را می‌توان در استفاده این بست از قلاب و سادگی اتصال آن به عضو اصلی و یا تعویض آن در محل خود سازه دانست.

۱-۲- کاربرد بست‌های قورباغه‌ای

کاربرد و نحوه استفاده از بست‌های قورباغه‌ای در دنیا بیشتر از آیین‌نامه‌های معتبری همچون AISC تبعیت می‌کند، اما در کشور ما ایران این امر چندان از روال منظم و مناسبی پیروی نمی‌کند. در بازار ایران بست‌های قورباغه‌ای مورد استفاده از نظر جنس به دو دسته تقسیم می‌شوند که یکی بیشتر حالت ترد و شکننده دارد ودیگری دارای شکل‌پذیری و مقاومت بیشتری می‌باشد. شماره (سایز) این بست‌ها نیز با یک محاسبه ساده، براساس نیروی کششی تقریبی موجود در عضو و ظرفیت نیروی کششی عضو اصلی، با اعمال یک ضریب اطمینان، تعیین شود. بدیهی است این روند با توجه به اهمیت سازه‌هایی که این بست‌ها در آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند و آسیب‌هایی که به این سازه‌ها از ناحیهٔ همین بست‌ها وارد شده است به هیچ وجه روند مناسبی نمی‌تواند باشد. مقاومت اسمی این بست‌ها نیز که از کاتالوگ‌های موجود استخراج شدند با مقادیر ارائه شده در جداول آئین‌نامه AISC مطابقت دارند. اما مشکلی که به چشم می‌خورد کنترل کیفیت ضعیف و عدم وجود نظارت دقیق در مراحل مختلف ساخت این بست‌ها و رعایت استانداردها می‌باشد. با توجه به شرایط موجود در درجهٔ اول، استانداردسازی روند

www.SID.ir

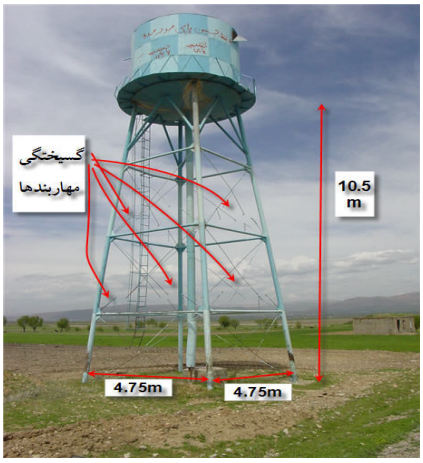
Archive of SID

ساخت این بست‌ها با توجه به تمام جزئیات موجود در سازهٔ آنها و سپس تهیهٔ یک دستور کار و آئین‌نامه جهت چگونگی استفاده از این بست‌ها کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

۲- آسیب‌های وارده به بست‌های قورباغه‌ای

یکی از موارد مهم کاربرد بست‌های قورباغه‌ای استفاده از آنها در مهار بندهای موجود در دکل‌ها و سازه‌های نگهدارنده می‌باشد که از جملهٔ آنها می‌توان سازه‌های نگهدارندهٔ مخازن هوایی را نام برد. در سیستم باربر جانبی این سازه‌ها معمولاً از مهار بندهای ضربدری و یا قطری استفاده می‌شود. در این مهار بندها ممکن است از پروفیل‌های خیلی لاغر، متوسط و غیر لاغر استفاده شود که البته با مطالعات انجام شده بر روی رفتار لرزه‌ای این مهاربندها، رفتار نوع میانی که دارای ضریب لاغری متوسطی می‌باشد مناسبتر تشخیص داده شده است [۵]. در میان این مهاربندها، استفاده از پروفیل‌های میله‌ای که دارای لاغری زیادی بوده و به همین علت توانایی رفتار فشاری نداشته و سریعاً دچار کمانش می‌شوند، رواج زیادی دارد. در همین مهاربندها به علت رفتار صرفاً کششی آنها می‌توان از بست‌های قورباغه‌ای استفاده کرد.

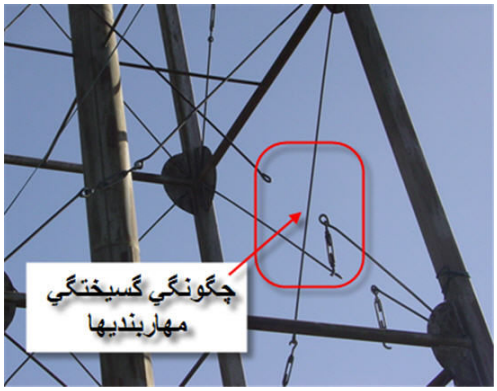
در زلزله ۸۵/۱/۱۱ سیلاخور که با بزرگای گشتاوری ۶،۱ رخ داد، به تعداد نسبتاً زیادی از این مخازن هوایی آسیب رسید و اکثر آسیب‌ها نیز از ناحیهٔ مهاربندها و بست‌های قورباغه‌ای موجود در آنها بود (شکل ۲).



شکل ۲- نمایی از مخزن آب روستای باباپشمان [۱]
بعداز زلزله ۱۳۸۵ سیلاخور (ایران)

گسیختگی ترد ایجاد شده در میلگرد و بولت رزوه شدهٔ بست‌ها (شکل ۳)، شکستگی و گسیختگی ترد بست‌ها از ناحیهٔ خمیدگی قلاب آنها (شکل ۴) و در رفتن قلاب بست‌ها از عضو اصلی کششی زمانی که این اعضا تحت فشار قرار می‌گیرند که باعث می‌شود به طور کلی عضو کششی از عملکرد درحین زلزله خارج شود، از جمله آسیب‌های وارد به سیستم‌های مهاربندی سازه‌های نگهدارنده هستند که ارتباط مستقیم با چگونگی عملکرد بست‌های قورباغه‌ای دارند. در مورد این آسیب‌ها این نکته را نباید از یاد برد که در صورت بیشتر بودن شدت زلزله و طولانی‌تر بودن مدت دوام آن با توجه به خارج شدن اعضای مهاربندی از کاربرد، اتفاق‌های بسیار ناگوارتری همچون ایجاد پیچش در سازه که منجر به فرو ریزش نهایی سازه می‌شود را می‌توان انتظار داشت.

شکل ۳- شکست ترد بست‌های قورباغه‌ای مهاربندها [۱]



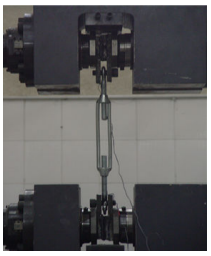
شکل ۴- گسیختگی مهاربندهای جانبی سازه [۱]

www.SID.ir

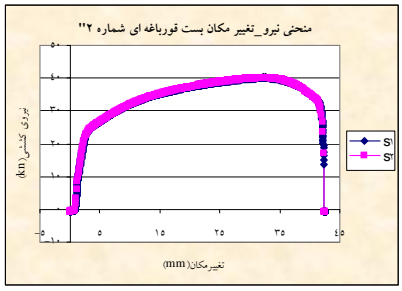
Archive of SID

۳- ارزیابی رفتار بست‌های قورباغه‌ای با استفاده از آزمایش کششی

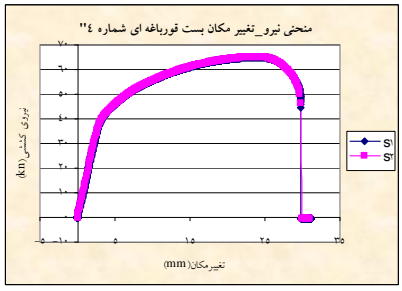
پس از شناخت انواع مختلف بست‌های قورباغه‌ای مورد استفاده در سازه‌های صنعتی و آشنایی با برخی از آسیب‌های وارده به این بست‌ها، تعدادی از انواع مختلف آنها انتخاب و برای بررسی رفتار آنها در اعضای کششی مورد آزمایش قرار گرفتند. برای وارد کردن کشش مورد نظر به بست‌ها از دستگاه کشش یونیورسال در پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله استفاده شده است و ترتیبی داده شده که در کشش این بست‌ها شرایطی تا حد امکان مشابه شرایط واقعی فراهم شود (شکل ۵).



شکل ۵- قرار گرفتن بست‌های قورباغه‌ای در دستگاه کشش آزمایشگاه سازه پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله



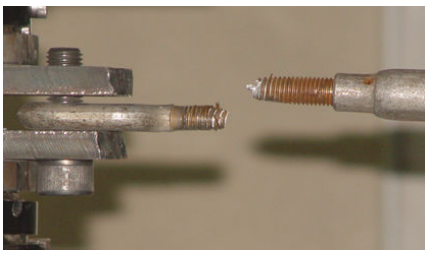
شکل۶- منحنی نیرو-تغییر مکان بست قورباغه‌ای شماره ۲



شکل ۷- منحنی نیرو-تغییر مکان بست قورباغه‌ای شماره ۴

در روی هر یک از آرماتورهای دو سر بست، دو کرنش‌سنج نصب گردید تا رفتار کششی هر دو آرماتور کنترل شود، همچنین از روند افزایش و کاهش منحنی نیرو-تغییر مکان خود دستگاه نیز برای آگاهی از رفتار کلی بست استفاده شده است. همانطوری که گفته شد برای انتخاب نوع و قطر بست‌های قورباغه‌ای مورد استفاده در سازه‌ها، سازندگان از مقاومت اسمی این بست‌ها استفاده می‌کنند. با توجه به شکل‌های (۶) و (۷) (که منحنی نیرو-تغییر مکان را در بست‌های قورباغه‌ای مورد آزمایش نشان می‌دهد) و جدول (۱) ملاحظه می‌شود که در هر دو نوع بست‌های مورد استفاده، مقاومت نهایی بیشتر از مقاومت اسمی می‌باشد و این اختلاف در بست‌های حلقوی بسیار بیشتر (بیشتر از دو برابر) از بست‌های قلابدار است. علت کاهش بسیار زیاد میزان مقاوت در بست‌های قورباغه‌ای قلابدار را می‌توان در نوع گسیختگی آن دانست. زیرا چنانکه در شکل (۱۱) دیده می‌شود و منحنی‌های کرنش عضو نیز مؤید این مطلب است، در این نوع بست‌ها قبل از اینکه بست به ظرفیت نهایی نیروی کششی خود دست یابد، قلاب بست به علت مشکلات موجود در طرح آن دچار بازشدگی (شکل ۹) و یا شکستگی می‌شود. در حالی که در بست‌های حلقوی به تنش مجازی بیشتر از ۴۵۰ MPa و ۵۰۰MPa که مربوط به فولاد با مقاومت بالا می‌باشد، نیز می‌توان رسید.

شکل ۸- باز شدن قلاب در بست‌های قورباغه‌ای تحت نیروی کششی



شکل ۹- نحوه گسیختگی در بست‌های قورباغه‌ای حلقوی

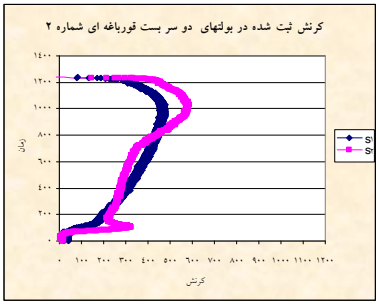
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج انجام آزمایش کشش روی بست‌های قورباغه‌ای

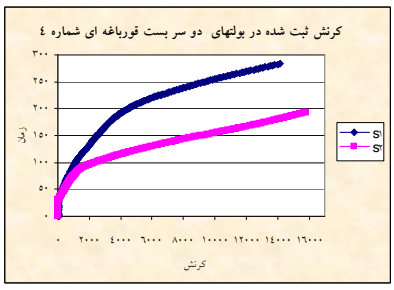
شماره آزمایش	بست قورباغه‌ای	قطر داخلی (mm)	مقاومت اسمی (kN) مطابق با آئین‌نامه AISC [۳]	مقاومت نهایی (kN)	تنش اسمی (N/mm^2)	تنش نهایی (N/mm^2)	نسبت تنش نهایی به اسمی	افزایش طول بست (mm)
1	H/E	15.875	10	28	50.55	141.53	2.80	41
2	H/E	19.05	13.34	41	46.83	143.92	3.07	41
3	E/H	19.05	13.34	42	46.83	147.43	3.15	50
4	E/E[1]	12.7	9.786	65	77.29	513.38	6.64	28
5	J/J[1]	7.93	3.558	22	72.08	445.66	6.18	18

از نحوه رفتار منحنی‌هایی که کرنش موجود در بولت‌های بست قورباغه‌ای را در گام‌های زمانی یکسان مشخص کرده است، می‌توان دریافت که در بست‌هایی که در آنها از حلقه استفاده شده است، مصالح به کار رفته در ساخت بست تا حد نهایی کرنش خود (حدود (µm/m) ۱۴۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰)، به مقاومت در برابر بارهای وارده ادامه می‌دهند و سپس گسیختگی یا شکست درآنها رخ می‌دهد (شکل ۱۱). چنانچه گفته شد این وضعیت در بست‌های با دو سر حلقوی که از آلیاژ مناسب‌تری نیز ساخته شده بودند، رخ می دهد (شکل ۷). اما در بست‌های با سر قلابدار که از فلز تردتری ساخته شده‌اند وضعیت به گونه دیگری است و این بست‌ها حداکثر تا کرنشی در حدود (µm/m) ۳۶۰ تا ۷۱۰ به مقاومت در برابر بارهای کششی اعمالی می‌پردازند (شکل ۱۰) و سپس قلاب‌های موجود در دو سر بست دچار بازشدگی ویا شکست می‌شوند. البته شکست زمانی رخ می‌دهد که مانند زلزله سیلاخور، نیروها در بازه زمانی کمی به سازه وارد شوند (شکل ۹). بدین ترتیب مقاومت قلاب در رفتار نهایی بست کنترل کننده می‌شود و قبل از اینکه مصالح به کار رفته در ساخت آن به حد نهایی مقاومت خود برسند، بست‌ها از ناحیه قلاب خود دچار آسیب می‌شوند.



شکل ۱۰- کرنش ثبت شده در بولت‌های دو سر بست قورباغه‌ای شماره ۲

در صورتی که اگر این اتفاق نمی‌افتاد بست‌ها تا کرنشی معادل ۲۰ تا ۴۰ برابر کرنش زمان گسیختگی ناشی از باز شدن قلاب، قابلیت باربری بیشتر داشته‌اند. نکته جالب توجه دیگری که با دقت در کرنش نهایی بست‌ها و مقایسه آن با کرنش نهایی فولاد معمولی با مقاومت ۴۰۰ MPa حاصل می‌شود، کم بودن کرنش نهایی و پلاستیک بست‌ها در مقایسه با کرنش نهایی این نوع فولاد که در حدود ((µm/m) $۱۵۰\sim۲۰۰\times۱۰^{۳}$) است، می‌باشد. به طوری که حداکثر کرنش در بست‌های قورباغه‌ای حلقوی (µm/m) ۱۶۰۰۰ و در بست‌های قورباغه‌ای قلابدار (µm/m) ۷۰۰ است که این مسأله ترد بودن رفتار این بست‌ها در مقایسه با عضو اصلی کششی که بست در آن قرار گرفته است را نشان می‌دهد. همچنین علیرغم اینکه مقدار مقاومت اسمی در این بست‌ها از مقاومت نهایی آنها کمتر می‌باشد و این اطمینان داده می‌شود که در صورت طراحی درست این بست‌ها، تحت اثر نیروهای طراحی در عضوی که بست از آن استفاده شده است، مقاومت عضو کنترل کننده باشد؛ اما عملاً دیده می‌شود که این چنین نیست و آسیب وارده به تعداد زیادی از مهاربندهای کششی از ناحیه بست موجود در آنها می‌باشد. پاسخ این مطلب نیز در قابلیت شکل‌پذیری اندک این بست‌ها خصوصاً بست‌های قلاب‌دار نهفته می‌باشد.



شکل ۱۱- کرنش ثبت شده در بولت‌های دو سر بست قورباغه‌ای شماره ۴

www.SID.ir

Archive of SID

زیرا که تحت اثر نیروهای واقعی زلزله که بسیار بیشتر از نیروهای طراحی آن می‌باشد، این بست‌ها همانند عضو اصلی کششی، توانایی مقاومت لازم و رفتار پلاستیک و شکل‌پذیری لازم را نداشته و از همین ناحیه دچار آسیب می‌شوند.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله پس از شناسایی انواع بست‌های قورباغه‌ای مورد استفاده در صنعت ساختمان و استانداردهای آئین نامه‌های موجود همچون AISC، عملکرد آنها در زلزله‌های اخیر خصوصاً زلزله فروردین ماه سال ۱۳۸۵ سیلاخور مورد بررسی قرار گرفته است. سپس بر روی تعدادی از بست‌های موجود در بازار ایران، آزمایش کشش انجام شد. نتایج حاصل از این مطالعه به شرح زیر می‌باشند.

۱- مقاومت اسمی بست‌های مورد استفاده در صنعت که از کاتالوگ‌های موجود استخراج شد با مقادیر ارائه شده در جداول AISC مطابقت دارد. اما مشکلی که به چشم می‌خورد کنترل کیفیت ضعیف و عدم وجود نظارت دقیق در مراحل مختلف ساخت این بست‌ها و رعایت استانداردها می‌باشد.

۲- در هر دو نوع بست‌های قورباغه‌ای که مورد استفاده بیشتری در سازه‌ها دارند، مقاومت نهایی بیشتر از مقاومت اسمی می‌باشد و این اختلاف در بست‌های حلقوی بسیار بیشتر (بیشتر از دو برابر) از بست‌های قلابدار است. این اختلاف باعث تفاوت فاحش در رفتار غیرخطی این دو بست می‌شود و طبیعتاً تأثیر زیادی نیز بر رفتار کلی سازه خواهد داشت. علت کاهش بسیار زیاد میزان مقاوت در بست‌های قورباغه‌ای قلابدار را می‌توان در نوع گسیختگی آن که به صورت باز شدن قلاب است، دانست. به عبارت دیگر مقاومت قلاب در رفتار نهایی این نوع بست کنترل کننده می‌شود.

۳- جنس بست‌های قورباغه‌ای قلابدار از نظر مقاومت و شکل‌پذیری ضعیف‌تر از بست‌های حلقوی می‌باشد که البته با توجه به نوع گسیختگی سریعتر در این بست‌ها به علت بازشدن قلاب، اثر این مطلب چندان مشاهده نمی‌شود.

۴- تنش مجاز در بست‌های حلقوی به بیش از ۴۵۰MPa، که از مشخصات فولاد با مقاومت بالا است، می‌رسد.

۵-در بست‌های قورباغه‌ای حلقوی، مصالح به کار رفته در ساخت بست، تا حد نهایی کرنش خود (حدود (μm/m) ۱۴۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰)، به مقاومت در برابر بارهای وارده ادامه می‌دهند اما در بست‌های با سر قلابدار حداکثر تا کرنشی در حدود μm/m ۳۶۰ تا۷۱۰ به مقاومت در برابر بارهای کششی اعمالی می‌پردازند و سپس قلاب‌های موجود در دو سر بست دچار بازشدگی و یا شکست می‌شوند. با دقت در کرنش نهایی این بست‌ها و مقایسه آن با کرنش نهایی فولاد معمولی با مقاومت MPa ۴۰۰، که در حدود ($(\mu m/m)$ ۱۵۰~۲۰۰×۱۰^{۳}) است، می‌توان ترد بودن رفتار این بست‌ها را در مقایسه با عضو اصلی کششی که بست در آن قرار گرفته است، نتیجه گرفت.

۶- قابلیت مقاومت و شکل‌پذیری اندک بست‌ها، خصوصا بست‌های قلابدار باعث می‌شود تحت اثر نیروهای واقعی زلزله که بسیار بیشتر از نیروهای طراحی آن می‌باشد، این بست‌ها همانند عضو اصلی کششی، توانایی مقاومت و رفتار پلاستیک و شکل‌پذیری لازم را نداشته و از همین ناحیه دچار آسیب شوند.

۷- درصورت استفاده از بست‌های قورباغه‌ای در سیستم‌های مهاربندی، به علت بروز مشکلاتی از قبیل در رفتن قلاب‌ها و سایر مسائل مطرح شده در مقاله، ترجیحاً از بست‌های قورباغه‌ای با اتصالات قلابدار استفاده نشود و با توجه به جنس و مشخصات مصالح به کار رفته در بست، از انواع دیگر آن همچون بست‌های قورباغه‌ای حلقوی استفاده شود.

با توجه به این مهم که تا کنون بست‌های قورباغه‌ای در ایران فاقد استاندارد ملی می‌باشند، لازم است ضمن انجام پژوهش‌های گسترده تر در این زمینه، برای کارهای اجرایی، ضمن استفاده از نوع بست قورباغه‌ای حلقوی، آزمایشات کششی براساس استانداردهای معتبر نظیر ASTM و مقایسه نتایج با مقاومت‌های مجاز پیشنهادی در آئین نامه‌های طراحی فولاد نظیر AISC انجام گردد.

مراجع

[۱] ادیبی، مهدی، طراحی مخازن هوایی فولادی بر اساس عملکرد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی زلزله به راهنمایی دکتر ساسان عشقی، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران ۱۳۸۵.

[۲] شرکت برادران عرب، کاتالوگ تجهیزات صنعتی، بستهای قورباغه‌ای، ۱۳۸۴.

[3] AISC, AISC-ASD Manual, 9th Edition, 1997, pp 4-149.

[4] US Federal Specification , Turnbuckles , FF-T-791b , May , 1967.

[5] Uang, C., Bruneau ,M., Whittaker, A. S., Tsai, K., Seismic Design Of Steel Structures, Chapter 9 in the Seismic Design Handbook, editor, Naiem, F., Kluwer Academic Publishers, 2001.

www.SID.ir