

آشنائی با پروفیل های قوطی سازه ای در ابعاد بزرگ برای ستون ساختمان

تهیه و تنظیم: حسن عراقی H_3324@yahoo.com

کارشناس ارشد سازه

مقدمه :

مقاطع سازه ای تو خالی که در امریکا با نام **Hollow Structural Section (HSS)** شناخته می شود، مقاطع تیوبلار هستند که از لحاظ هندسی جزء مقاطع بسته به حساب می آیند. این مقاطع که عمدتاً به صورت لوله (مقطع دایره) و قوطی (چهار گوش) تولید می شوند مزایای سازه ای ویژه ای در مقایسه با مقاطع باز (نظیر مقاطع I شکل) دارند.



در این کاتالوگ به کاربرد اینگونه مقاطع در ابعاد بزرگ (160 تا 500 میلیمتر) خواهیم پرداخت.

تولید مقاطع تو خالی :

نخستین بار این مقاطع به صورت بدون درز در ابعاد کوچک تولید شدند (برادران مانسمان 1886 میلادی). در نیمه نخست قرن گذشته در امریکا مقاطع تو خالی به صورت درز جوش دار با جوش پیوسته تولید شد (Fretz Moon, 1930). پس از جنگ جهانی دوم با توسعه تکنولوژی جوش، تولید مقاطع تو خالی با ابعاد بزرگتر به صورت یک درز جوش رونق گرفت. در سال 1952 میلادی برای نخستین بار مقاطع تو خالی چهار گوش از نورد لوله ساخته شد و تا امروز روش تولید این مقاطع مبتنی بر همین اصول می باشد.

در حال حاضر مقاطع تو خالی با ابعاد بزرگ سازه ای به صورت درز جوش دار و عمدتاً با روش القائی یا مقاومت الکتریکی (ERW) به صورت طولی جوش می شوند. مقاطع مورد بحث در این مقاله از این نوع می باشد.

مشخصات و خواص سازه ای:

مقاطع تو خالی با انواع فولاد مشابه سایر مقاطع ساختمانی تولید می شوند. گوشه های 90 درجه در مقاطع چهار گوش نباید تیز باشد و یک شعاع انحنای استاندارد در گوشه ها وجود دارد که موجب کاهش اثرات تمرکز تنش و جلوگیری از ترد شکنی مقطع میگردد. استاندارد EN10219 و EN10210 مشخصات این مقاطع را ارائه کرده اند. همچنین در آمریکا ASTM A500 و در ژاپن JIS G3466 برای اینگونه مقاطع تدوین شده است. همچنین روش های طراحی سازه ای آنها در ایران بر اساس مبحث 10 مقررات ملی ساختمان و AISC صورت می پذیرد.

- بارهای فشاری:







وقتی مقاطع تو خالی به عنوان اعضای فشاری مورد استفاده قرار می گیرند (مثلاً در ستون ساختمان) مزیت اقتصادی زیادی در مقایسه با استفاده از مقاطع باز (نظیر مقاطع I) وجود دارد.

برای اعضای با بارگذاری محوری فشاری، بار بحرانی کمانش وابسته به لاغری و شکل مقطع می باشد. از آنجا که لاغری از نسبت طول کمانش به شعاع ژیراسیون مقطع محاسبه می شود، با افزایش شعاع ژیراسیون لاغری ستون کم می شود. عموماً شعاع ژیراسیون مقاطع بسته تو خالی (با احتساب وزن یکسان) به مراتب بیشتر از شعاع ژیراسیون مقاطع باز نظیر مقاطع I شکل حول محور ضعیفشان می باشد. در نتیجه برای یک طول کمانش ثابت و باربری مشابه مقاطع تو خالی سبک تر و در نتیجه اقتصادی تر محاسبه می شوند (در مقایسه با مقاطع باز).

محاسبات نشان می دهد که در بارهای کمتر که ابعاد مقطع مورد نیاز کوچک تر است استفاده از مقاطع تو خالی مزیت اقتصادی بیشتری دارد. لذا اقتصادی ترین گزینه مهندس محاسب برای استفاده از مقاطع تو خالی در ستون ساختمان های 4 تا 7 طبقه می تواند باشد.

- پیچش:

مقاطع تو خالی موثرترین مقطع برای تحمل لنگرهای پیچشی هستند، چرا که در این مقاطع مصالح به صورت متقارن حول محورهای مقطع توزیع شده اند. در مقایسه مقاطع باز و مقاطع تو خالی با وزن نسبتاً مشابه، جدول ذیل نشان می دهد که پارامتر ثابت پیچشی مقاطع تو خالی حدود 200 برابر مقاطع باز میباشد.

Section		Mass (kg/m)	Torsion Constant I_t (10^4 mm ⁴)
	UPN 200	25.3	11.9
	INP 200	26.2	13.5
	HEB 120	26.7	13.8
	HEA 140	24.7	8.1
	140x140x6	24.9	1475
	168.3x6	24.0	2017

- سایر بارها:

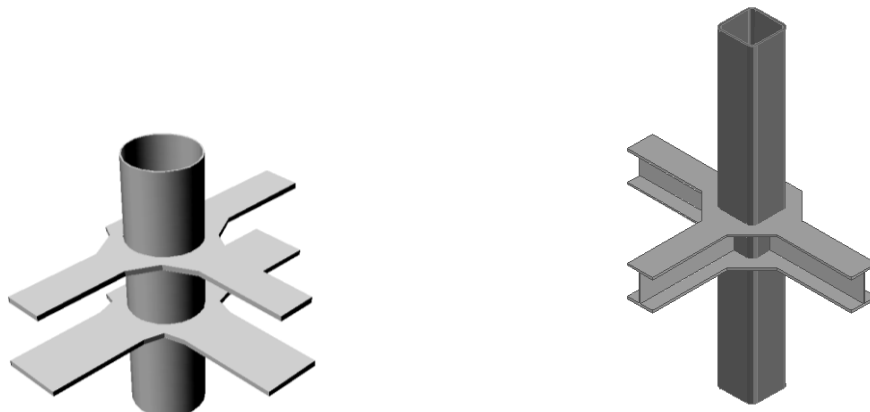
ظرفیت طراحی یک عضو تحت بار کششی وابسته به مساحت سطح مقطع و مقاومت طراحی فولاد مصرفی است و به شکل مقطع ارتباطی ندارد. البته در مهار بندی های ساختمان که محدودیت ضریب لاغری معیاری برای پذیرش مقطع مهار بند می باشد، مقاطع لوله و چهارگوش تو خالی بهتر از مقاطع باز نظیر نبشی و ناودانی می باشد.

در خمش خالص مقاطع H و I حول محور قوی اقتصادی تر هستند. ولی در حالتی که در محاسبات کماش جانبی بال فشاری غالب باشد، این مود شکست تنش طراحی خمشی را تا حد زیادی کاهش می دهد. در این حالات استفاده از مقاطع تو خالی در خمش توصیه می شود. می توان با محاسبات نشان داد که برای مقاطع لوله و همچنین مقاطع چهار گوش معمولی (با نسبت $b/h > 0.25$) در خمش حول محور قوی، ناپایداری جانبی در طراحی خمش عضو تعیین کننده نیست.

اتصالات:

طراحی اتصالات این مقاطع با اصول علمی مشابه سایر مقاطع توسط AISC به طور اختصاصی منتشر شده است، این کتاب توسط CIDECT (کمیته بین المللی طراحی و توسعه سازه های تیوبلار) نگارش شده است. در اتصال تیرهای I شکل به ستون تو خالی چنانچه ورق های پیوستگی (سخت کننده) در ناحیه اتصال مقابل بال های تیر آهن مورد نیاز باشد به چند صورت می توان اقدام نمود.

نخست جوشکاری ورق پیوستگی داخل ستون میباشد که با باز کردن یک وجه قوطی یا با کمک ربات های جوشکار این کار صورت میگیرد. دومین راهکار معمول استفاده از سخت کننده های خارجی مطابق شکل ذیل میباشد.



راهکار دیگری که در اتصالات پیچ و مهره ای کاربرد دارد، عبور دادن بولت های اتصال از درون ستون و مهار آن در وجه مقابل است. همچنین نوعی از اتصال تحت عنوان دیافراگم عبوری ارائه شده است که در آن ورق پیوستگی از درون ستون عبور کرده و ستون را به دو قسمت منقطع تقسیم می کند. در ستون های مختلط (کامپوزیت) که مقطع توخالی فولادی با بتن پر می شود مشکل ورق های پیوستگی در ناحیه اتصال با وجود بتن درون مقطع مرتفع شده و استفاده از سخت کننده های خارجی یا اتصالات عبوری در این نوع ستون کامپوزیت رفتار لرزه ای بسیار بهتری حتی نسبت به انواع متداول اتصالات سخت شده به دست میدهد.

رفتار لرزه ای (تحت بار زلزله)

طبق تجربه در زلزله های گذشته ستون های با مقطع قوطی رفتار و عملکرد بسیار مناسبی از خود نشان داده اند. عملکرد یکپارچه ستون های توخالی در مقایسه با سایر ستون ها موجب می شود تا مود شکست با شکل پذیری و تحمل بار زیاد همراه باشد و گسیختگی پیش از موعد رخ ندهد. گزارشی که AIJ در ژاپن پس از زلزله 1995 هیوگو-کن نانبو منتشر ساخت حاکی از رفتار مناسب ستون های توخالی سرد نورد شده در مقایسه با سایر انواع متداول ستون بود. همچنین در گزارش AIJ رفتار لرزه ای بادبند ها نیز پس از این زلزله به طور آماری بررسی شده است و نتیجه آن نشان می دهد که مقاطع قوطی و نوادانی با ابعاد بزرگ کمترین آسیب را در مقایسه با سایر مقاطع از جمله لوله، میلگرد، نبشی، تیر آهن و ... داشته اند. از بین 452 ساختمان بررسی شده قوطی های سرد نورد شده ابعاد بزرگ به عنوان المان بادبندی هیچ موردی از تخریب کلی یا آسیب جدی مشاهده نشد و از این میان تنها 6 مورد آسیب خفیف و متوسط ثبت شده است.

ستون های کامپوزیت فولاد و بتن

مقاطع توخالی فولادی پر شده با بتن یکی از انواع ستون های کامپوزیت به شمار می رود که از بهترین رفتارهای سازه ای در مقایسه با انواع ستون های شناخته شده تحت بارهای لرزه ای را از خود نشان می دهد. شکل پذیری فوق العاده در کنار مقاومت بالا از ویژگی این ستون ها به شمار می رود. پر کردن مقاطع لوله و قوطی با بتن علاوه بر افزایش سختی و مقاومت ستون از لحاظ اقتصادی مصرف فولاد را تا حد قابل توجهی کاهش می دهد. چرا که وجود بتن درون مقطع توخالی از کمناش های موضعی جداره فولاد جلوگیری میکند و مبحث 10 مقررات ملی ساختمان ایران این اجازه را میدهد که برای ستون های مختلط (کامپوزیت) نسبت عرض به ضخامت کمتری انتخاب شود (بند 2-9-2-10-2-2 چاپ 87). طبق استانداردهای بین المللی وجود هسته بتنی داخل مقطع توخالی فولادی، ستون سازه را در مقابل حریق تا حد زیادی مقاوم می کند و اجرای پوشش ضد حریق برای محافظت ستون کاهش و در شرایطی می تواند حذف شود.

