بسم الله الرحمن

الرحيم

١٩٤٩٨

۸۷/۱/۱۰۷۵۴۸
۸۸/۱/۱۸

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربیت معلّم آذربایجان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی عمران

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد
رشته عمران -سازه

بررسی اثر درصد گیرداری اتصالات فولادی در وزن آنها

استاد راهنما:
دکتر کریم بادامچی

پژوهشگر:
احد خلیلی

۱۳۸۸ /۱/ ۱۵

بهمن ماه / ۱۳۸۷
تبریز / ایران

۱۰۹۴۹۸

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربیت معلم آذربایجان
ادارهٔ کلّ تحصیلات تکمیلی

« به نام خدا »

صورتجلسه نتیجهٔ دفاع از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد

طبق درخواست شمارهٔ ۷۰۰/۶۱۷۰ مورخ ۱۳۸۷/۱۰/۱۸ تحصیلات تکمیلی دانشکدهٔ فنی - مهندسی
و مجوّز شمارهٔ ۴۱۷/۸۱۴ مورخ ۱۳۸۷/۱۰/۲۰ تحصیلات تکمیلی دانشگاه جلسهٔ دفاع از پایان‌نامهٔ کارشناسی
ارشد آقای/خانم احمد جلیلی به شمارهٔ دانشجویی ۸۵۱۲۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ درزشتهٔ عمران
گرایش سازه تحت عنوان: بررسی اثر دهانه بندی و ارتفاع بر رفتار لرزه ای قاب های خمشی بتن آرمه
به ارزش ۶ واحد، در ساعت ۱۰:۳۰ مورخ ۱۳۸۷/۱۰/۲۹ در حضور هیئت داوران مرکّب از:

۱- استاد یا اساتید راهنما دکتر کرم بادامچی امضاء

۲- استاد یا اساتید مشاور ـــــ امضاء

۳- عضو هیئت داوران دکتر بهمن فرهمند آذر امضاء

۴- عضو هیئت داوران دکتر ارژنگ صادقی امضاء

۵- نمایندهٔ ادارهٔ کلّ تحصیلات تکمیلی در گروه دکتر محمد رضا ابرهاری امضاء

برگزار شد و با درجه عالی نمرهٔ ۱۸/۷۵ ارزشیابی گردید.

مدیر گروه آموزشی
امضاء

رئیس دانشکده
امضاء

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربیت معلم آذربایجان
ادارهٔ کلّ تحصیلات تکمیلی

« به نام خدا »

تأییدیهٔ اعضای هیئت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخهٔ نهایی پایان‌نامهٔ خانم/ آقای احمد جلیلی .....
تحت عنوان بررسی اثر دوصدا گیرهای ارتعاشات غیرخطی در میراگرهای دینامیکی .....
را از نظر شکل و محتوا بررسی نموده، پذیرش آن را جهت نیل به درجهٔ کارشناسی ارشد مورد تأیید قرار دادند.

اعضاء هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما:	دکتر کریم باقری	استادیار	
۲. استاد مشاور:	دکتر ـــــ	ـــــ	
۳. استاد ناظر:	دکتر بهمن فرهمندآذر	ـــــ	
٤. استاد ناظر:	دکتر اورنگ صادقی		
۵. نمایندهٔ ادارهٔ تحصیلات تکمیلی:	دکتر محمدرضا امامی	ـــــ	

پاسداشت و تقدیم

این نوشته ناچیز را به مادر مهربانم و پدر دلسوزم، آن دو نعمت بیکران که هرگز مرا یارای رهایی از دین محبتشان نیست پیشکش می نمایم.

احد خلیلی

زمستان ۸۷

تقدیر و تشکر

منت خدای را عز وجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت.
پایان نامه ای که مطالعه می کنید با امید ایجاد یا امتداد نگرشی نو در زمینه استفاده از اتصالات نیمه صلب یا بهتر بگوییم توجه بیشتر به رفتار واقعی اتصالات متداول در سازه های فولادی می باشد.این نوشتار نیز همچون سایر آثار بی شک خالی از اشکال و تقصیر نیست. اما نهایت سعی و همت بر آن بوده تا بتوان هرچند به مقدار جزئی در راه اعتلای سرزمین بزرگان ،ایران ، گامی کوتاه برداشته شود.
اینجانب خودرامدیون زحمات دلسوزانه پدر ومادر می دانم و بدینوسیله از کلیه حمایتهای آن دو نازنین تشکر می نمایم.درپایان نیز مایه شعف و خرسندی خواهد بود که در سایه نظرات و انتقادات ذهن پرسشگر خوانندگان بتوانیم بر دانش وبینش خویش بیافزاییم .
با امید شکوه و بزرگی سرزمین بزرگ و باشکوه ، ایران

احد خلیلی
بهمن ماه ۱۳۸۷
تبریز، ایران

فهرست مطالب :

چکیده
مقدمه ۱
فصل اول ٤

۱-۱اتصال نیمه صلب چیست..... ۵
۱-۲ دسته بندی اتصالات ۷
۱-۲-۱ تقسیم بندی براساس آیین نامه اروپا..... ۷
۱-۲-۲ تقسیم بندی بر اساس آیین نامه AISC ۹
۱-۲-۳ دسته بندی اتصالات بر اساس صلبیت آنها ۱۰
۱-۲-٤ تقسیم بندی اتصالات بر اساس مقاومت ۱۱
۱-۲-۵ تقسیم بندی اتصالات بر اساس شکل پذیری ۱۱
۱-۲-٦ تقسیم بندی بر اساس سختی ۱۲

فصل دوم ۱۳

۲-۱ منحنی لنگر-دوران به عنوان مشخصه اتصال ۱٤
۲-۲ مدلسازی منحنی لنگر – دوران..... ۱٦
۲-۲-۱ مدل توانی..... ۱۸
۲-۲-۲ مدل توانی ۳ پارامتری..... ۱۸
۲-۲-۳ مدل توانی ٤ پارامتری..... ۱۹
۲-۲-٤ مدل پلی نومیال ۲۰

۲-۲-۵ مدل توانی اصلاح شده..... ۲۰
۲-۲-٦ مدل چند خطی ۲۱
۲-۲-۷ مدل نمایی ۲۲

فصل سوم ۲۳

۳-۱ تحلیل کلاسیک سازه ها با اتصالات نیمه صلب..... ۲٤
۳-۲ ضریب صلبیت نسبی انتهایی ۲٤
۳-۳ حصول روابط شیب – افت در تیر ها با اتصالات نیمه صلب ۲٦
۳-٤ روش پخش لنگر برای قابهای نیمه گیردار ۲۷
۳-۵ طراحی ستونها در قاب نیمه صلب ۲۹
۳-۵-۱ اصلاح ضریب طول موثر ستونها ۳۱
۳-۵-۲ بررسی کمانش الاستیک ستونها با شرایط انتهایی نیمه صلب ۳۲
۳-۵-۳ ضریب طول موثر کمانش برای ستونها با شرایط انتهایی نیمه گیردار.... ۳۳

فصل چهارم..... ۳٤

٤-۱ معرفی چندنمونه اتصال نیمه صلب..... ۳۵
٤-۱-۱ معرفی اتصالات نیمه صلب در آیین نامه اروپا..... ۳۵
٤-۱-۱-۱ اتصال بال با صفحه ۳۵
٤-۱-۱-۲ اتصال با صفحه انتهایی ۳٦
٤-۱-۱-۳ اتصال با سپری پیشانی..... ۳۷
٤-۱-۱-٤ اتصال با نبشی مضاعف جان ۳۷
٤-۱-۲ بررسی اتصالات بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای ۳۷
٤-۱-۲-۱ اتصال گیردار ۳۷
٤-۱-۲-۲ اتصال نیمه صلب ۳۸
٤-۱-۳ اتصال نیمه صلب در آیین نامه AISC ۳۸

٤-١-٣-١ اتصال تک نبشی جان ٣٨
٤-١-٣-٢ اتصال زوج نبشی جان ٣٨
٤-١-٣-٣ اتصال نبشی بالایی و نشیمن ٣٩
٤-١-٣-٤ اتصال نبشی های نشیمن و فوقانی با اتصال زوج نبشی جان ٣٩
٤-١-٣-٥ اتصال تیر به ستون با ورق انتهایی(ورق پیشانی گسترده) ٤١
٤-١-٣-٦ اتصال با ورق پیشانی همتراز ٤٢

فصل پنجم ٤٣

٥-١ مقدمه ٤٤
٥-٢ مدلسازی اتصال..... ٤٧
٥-٣ مشاهدات ٥٤

فصل ششم ٥٥

٦-١ اثر گیرداری بر وزن سازه ٥٦
٦-٢ مطالعه روشهای کاهش وزن سازه با با اتصالات نیمه صلب ٥٦
٦-٢-١ انتخاب اتصال ٥٧
٦-٢-٢ استفاده از روش الگوریتمهای ژنتیک..... ٥٩
٦-٣ طرح بهینه قابها با اتصالات نیمه صلب..... ٥٩
٦-٤ اثر گیرداری جزئی بر سختی سازه..... ٦٠

فصل هفتم ٦١

٧-١ جزئیات مدلسازی ٦٢
٧-١-١ مدلسازی و بارگذاری..... ٦٢

۷-۱-۲ باگذاری زلزله ٦٣
۷-۲ فرضیات مدلسازی قابها و دسته بندی آنها ٦٤
۷-۳ معرفی مشخصات قابهای مدلسازی شده..... ۷۹
۷-٤ نمودارها ۱۰۵
۷-٤-۱تغییرات وزن سازه..... ۱۰۵
۷-٤-۲ جابجایی قابها ۱۲۷
۷-۵ جداول مقایسه گروه قابها ۱٤۱
۷-٦ مشاهدات وتفسیر نتایج..... ۱٤۹
۷-۷ جداول مقایسه اثر گیرداری در قابها ۱۵۱
۷-۸ کنترل نتایج تحلیل ۱۵٤
۷-۹- تحلیل غیر خطی ۱۸۲
۷-۹-۱ بررسی صحت مدل تحلیل ۱۸۲
۷-۹-۲ بررسی رفتار غیر خطی ۱۸٤
۷-۱۰ مقایسه الژوهای ژیشنهادی با یک نمونه طراحی بهینه قاب با اتصالات نیمه
- صلب به روش الگوریتمهای ژ نتیک ۱۸۹

فصل هشتم ۱۹۵
نتیجه گیری..... ۱۹٦

پیوستها
پیوست ۱ روش المانهای مرکب
پیوست ۲ تابع پلی نومیال
فهرست مراجع و منابع
Abstract

فهرست اشکال

شکل ۱-۲-۱-۱ رابطه سه خطی آیین نامه اروپا برای قابهای مهار بندی نشده ۹

شکل ۱-۲-۱-۲ رابطه سه خطی آیین نامه اروپا برای قابهای مهار بندی شده ۹

شکل ۱-۲-۵-۱ تقسیم بندی آیین نامه آمریکا بر اساس شکل پذیری ۱۱

شکل ۲-۱-۱ تقسیم بندی آیین نامه اروپا (تکراری)..... ۱۵

شکل ۲-۱-۲ تقسیم بندی آیین نامه اروپا (تکراری) ۱۵

شکل ۳-۱-۲ مقایسه شماتیک رفتار اتصالات نیمه صلب ۱۶

شکل ۲-۲-۱ منحنی لنگر – دوران ۱۷

شکل ۲-۲-۲-۱ مدل توانی ۳پارامتری ۱۹

شکل ۲-۲-۳-۱ مدل توانی ٤ پارامتری ۲۰

شکل ۲-۲-۵-۱ مدل توانی اصلاح شده ۲۱

شکل ۳-۲-۱ نمودار آزاد تیر با اتصال نیمه صلب ۲۵

شکل ۳-۲-۲ ضریب صلبیت نسبی انتهایی ۲۶

شکل ۳-۲-۳ رابطه ضریب صلبیت نسبی انتهایی با سختی اتصال ۲۶

شکل ۳-۳-۱ نمودار آزاد تیر تغییر شکل یافته با اتصال نیمه صلب ۲۷

شکل ۳-۵-۱-۱ نمودار آزاد ستون با اتصال نیمه صلب ۳۳

شکل ۳-۵-۲-۱ اثر صلبیت نسبی انتهایی بر بار بحرانی کمانشی ستون ۳٤

شکل ٤-١-١-١-١ اتصال بال با صفحه ٣٧
شکل ٤-١-١-٢-١ اتصال با صفحه انتهایی ٣٧
شکل ٤-١-٣-١-١ اتصال تک نبشی جان ٤٠
شکل ٤-١-٣-٤-١ اتصال زوج نبشی جان با نبشی های فوقانی و تحتانی ٤١
شکل ٤-١-٣-٥-١ اتصال با ورق پیشانی گسترده ٤٢
شکل ٤-١-٣-٥-٢ اتصال با ورق پیشانی گسترده به همراه سخت کننده ٤٢
شکل ٤-١-٣-٦-١ اتصال با ورق پیشانی همتراز ٤٣

شکل ٥-١-١ معایب جوش ٤٥
شکل ٥-١-٢ مدل اجزای محدود جوش گوشه ٤٧
شکل ٥-١-٣ مدل اجزای محدود جوش گوشه با ترک انقباضی ٤٧
شکل ٥-١-٤ توزیع کرنش در جوش گوشه ٤٧
شکل ٥-٢-١ جزئیات مدلسازی اتصال جوشی ٤٩
شکل ٥-٢-٢ مدل اجزای محدود اتصال تیر به ستون ٥١
شکل ٥-٢-٣ وقوع کمانش موضعی در اتصال ٥١

شکل ٦-٤-١ نمودار آزاد اتصال نیمه صلب برشی و خمشی ٦١

شکل ٧-١-١ جزئیات کف طبقات ٦٢
شکل ٧-٢-١ دیاگرام لنگر تیرهای کناری ٦٤
شکل ٧-٢-٢ اثر کاهش گیرداری در توازن لنگرهای مثبت و منفی ٦٥
شکل ٧-٢-٣ دیاگرام لنگر تیرهای میانی ٦٥
شکل ٧-٩-١-١ نمودار لنگر – دوران مثال تعیین صحت تحلیل ١٨٣
شکل ٧-٩-٢-١ جزئیات اتصال در تحلیل غیر خطی ١٨٥
شکل ٧-٩-٢-٢ جزئیات اتصال در تحلیل غیر خطی ١٨٦
شکل ٧-٩-٢-٣ رفتار غیر خطی المانهای رابط ١٨٧

چکیده:

پس از زلزله نورتریج کالیفرنیا (۱۹۹٤) و کوبه ژاپن (۱۹۹۵)، تعداد کثیری از ساختمانهای فولادی که تا آن زمان اتصالات تیر به ستون در آنها کاملاً صلب بود مورد مطالعه قرار گرفتند و علت رایج خرابی در آنها عدم شکل پذیری مناسب اتصال براورد شد.

پس از آن مهندسین به فوائد استفاده از اتصالات نیمه صلب به منظور تامین شکل پذیری مناسب پی بردند. از آنجا که رفتار این اتصالات تا حدودی پیچیده بوده وپارامترهای زیادی مانند ابعاد و ادوات اتصال در آن دخیل می باشند، مطالعات آزمایشگاهی زیادی روی آنها صورت گرفته و همچنین روشهای متعددی جهت پیش بینی رفتار اتصالات نیمه صلب ارائه شده است.

صرفنظر از اینکه یک اتصال در شرایط آزمایشگاهی چه رفتاری نشان خواهد داد، موقعیت و نوع این اتصالات در یک قاب ساختمانی در پارامترهای فیزیکی سازه همچون مقاومت، سختی و شکل پذیری بسیار تاثیر گذارخواهد بود.عمدتاً استفاده از اتصالات توام صلب و نیمه صلب در بهبود رفتار قاب توصیه شده است اما تا کنون مطالعات زیادی در خصوص آرایش اتصالات با توجه به هندسه سازه صورت نپذیرفته است. در این پایان نامه ۹ قاب متداول ساختمانی که همگی متقارن می باشند، با درصدهای مختلف گیرداری و آرایش های متنوع اتصالات ، بصورت خطی مدل شده و نتایج طراحی در قالب وزن سازه و تغییر مکان جانبی مقایسه شده اند تا با توجه به هندسه سازه الگویی جهت توزیع اتصالات صلب و نیمه صلب در قاب بدست آید.

کلمات کلیدی: اتصال نیمه صلب، قاب فولادی، درصد گیرداری،وزن سازه

مقدمه:

از آنجا که فولاد درنوع خود ماده شکل پذیری می باشد و سختی قابل ملاحظه ای دارد، استفاده از آن در صنعت ساختمان به جای چوب و مصالح خشتی از دیرباز رایج بوده است . اما جهت اطمینان از ایمنی سازه فولادی اتکا به کارایی اعضای فولادی کافی نمی باشد و چگونگی اتصال اعضا ونحوه توزیع بار در یک قاب فولادی از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد.

عمده مطالبی که در طراحی یک اتصال ذهن طراح را در گیر می نماید مقاومت ، سختی ، شکل پذیری و امکان ساخت اتصال می باشد.که انتخاب اتصال عموما بر پایه این موارد صورت می پذیرد. اثر هریک از این موارد گاه به حدی است که برخی آیین نامه.ها فرمهای عمومی اتصال را با شکل و جزئیات قابل محاسبه ارائه می نمایند و حتی استفاده ازبعضی از انواع اتصالات را در شرایط خاص (مثلا لرزه خیزی ساختگاه) ممنوع می کنند.

طرح مناسب اتصال نه تنها باید به رفتار ایمن اتصال در شرایط عادی و فوق العاده بارگذاری سازه در طول عمرآن توجه کند، بلکه رفتار عمومی سازه را نیزحاصل چگونگی اتصالات آن بداند. چراکه شرایط گیرداری دهانه ها مستقیما در پاسخ اعضا و شکل پذیری اتصالات در بارپذیری سازه نقش عمدای ایفا می کنند.

با توجه به این مطالب اثرانواع اتصالات درسازه های مختلف ، موضوع تحقیقات ورساله ها و پایان نامه های متعدد بوده است. یکی از انواع اتصالات که امروزه، بدلایل پیش گفته مورد توجه می باشد اتصال نیمه صلب است. چرا که در برداشت عمومی ازرفتار این اتصال آن راچیزی میان اتصال صلب و ساده می دانند لذا می توان آن را از اتصال ساده مقاومتر و از اتصال صلب شکل پذیر تر دانست. اما نکته مهم ، شناخت بیشتر رفتار اتصال نیمه صلب وچگونگی بکار گیری آن در قاب فولادی جهت رسیدن به شرایط بهتری از سازه ، متناسب با مطالبات طرح (وزن ، هزینه ، سختی و غیره) می باشد.

بر این اساس مطالعات نسبتا گسترده ای در این زمینه صورت گرفته که استفاده از روشهای بهینه یابی مانند الگوریتمهای ژنتیک[1] ، استفاده از گراف و روشهای کلاسیک و رایانه ای ار آن دسته اند. در این

---

[1] - Genetic algorithm

بخش به مطالعاتی که توسط محققین داخلی انجام شده اشاره می گردد و سایر روشها در قسمت مربوطه معرفی شده اند.

در یک مطالعه چند قاب خمشی ٦ الی ٢٠ طبقه بصورت صلب و نیمه صلب با درصدهای گیرداری ٢٥ و ٥٠ و٧٥ مدل شده اند و تحلیل یکبار با در نظر گرفتن اثرΔ-P و یکبار بدون منظور نمودن آن صورت پذیرفته است. در این مطالعه همچنین اثر درصد گیرداری بر لنگرهای پای ستونها و تغییر مکان بام بررسی شده است [١]

درمطالعه ای دیگر قابهای ١،٣،٥ و ٨ طبقه بدون مهاربند تحت شتابنگاشت زلزله های طبس ، ناغان وال سنترو قرار گرفته و چهار آرایش مختلف اتصالات بررسی شده و نتایج بصورت پاسخ لرزه ای مقایسه شده اند. در سازه های ٣ و ٦ دهانه نتایج بررسی بهتر از سایر سازه ها عنوان شده است. توصیه شده حد اقل چند آرایش جهت طراحی مورد بررسی واقع شود لذا آرایش بهینه از قبل مشخص نمی باشد[٢]

درمطالعه دیگری قابهای ٣،٨ و١٥ طبقه دوگانه (با اتصالات توام صلب و نیمه صلب) تحت ٥ رکورد زلزله واقع شده و نتایج مقایسه شده اند. در قابهای ٣ طبقه رفتار قابهای گیردار بهتر توصیف شده و توصیه شده است در صورت استفاده از اتصالات نیمه صلب این آزایش در تراز فوقانی باشد .در قابهای ٨ طبقه نیمه گیرداری کامل توصیه شده است.همچنین اشاره شده که می توان در تمام قابها آرایش بهینه ای از اتصالات صلب و نیمه صلب عنوان نمود تا رفتار بهتری نسبت به قاب گیردار حاصل شود [٣]

در مطالعه دیگر ٧٢ قاب دو الی ده طبقه مدل شده و تحت زلزله های مشخص روابطی جهت ضریب رفتار سازه معرفی شده اند[٤].

در ادامه فصلهای پایان نامه جهت آشنایی خواننده با محتویات آن ارائه می گردد :

در فصل اول اتصال نیمه صلب بصورت کلی معرفی شده و معیارهای تقسیم بندی اتصالات از دیدگاه های مختلف ارائه شده است

در فصل دوم رفتار عمومی اتصالات نیمه صلب معرفی شده و مدلهای مختلف این رفتارها که منحنی لنگر- دوران نام دارد بصورت روابط ساده شده در برخی آیین نامه ها و همچنین روابط ریاضی جهت تولید این منحنی ها ارائه شده است.

در فصل سوم اثر گیرداری در پارامترهای موثر در طراحی نظیر نیروهای داخلی و ضرایب طول موثر بررسی شده و روابط طراحی که به همین جهت اصلاح شده اند معرفی شده است.

در فصل چهارم اتصالات نیمه صلب از دیدگاه آیین نامه ها با جزییات ، معرفی شده تا خواننده علاوه بر مطالعه رفتار اتصالات ، با هندسه اتصال وچگونگی اجرای آن آشنایی لازم را کسب نماید.

در فصل پنجم اتصال جوشی مورد بررسی قرار گرفته و در خصوص اثر کیفیت جوش بر مشخصات فیزیکی اتصال مواردی عنوان شده است.

در فصل ششم به موضوع این تحقیق پرداخته شده و مطالعات گذشته در زمینه اثر درصد گیرداری اتصالات بر وزن سازه همراه با تئوریهای بهینه سازی و روشهای الگوریتم ژنتیک به همراه نتیجه برخی از این مطالعات آورده شده است.

در فصل هفتم به مدلسازی قابها و هندسه آن و همچنین تئوریها و فرضیات صورت گرفته پرداخته شده و جهت ارائه بهتر مطالب ، قابها بصورت دسته بندی شده در قالب جداول و اشکال لازم ارائه شده اند.در پایان فصل مقایسه ای میان روشهای پیشنهادی و روشهای بهینه یابی صورت گرفته ، همچنین یک نمونه تحلیل غیر خطی جهت مشاهده رفتار واقعی اتصال انجام شده است.

درفصل هشتم نتایج تحلیل و طراحی بصورت جدول و نمودار نشان داده شده و مشاهدات ، آورده شده است وجمع بندی کلی صورت پذیرفته است.

فصل اول

اتصال نیمه صلب چیست؟

۱-۱- اتصال نیمه صلب چیست؟

یک اتصال برای اینکه بتواند در بهم پیوستن اجزای سازه کارکرد مناسب داشته باشد نیازمند مشخصات فیزیکی از قبیل مقاومت، سختی و شکل پذیری می باشد.
هریک از این پارامترها نه تنها در عملکرد اتصال نقش اساسی بازی می کند بلکه رفتار سازه نیز به مقدار زیادی تابع اتصالات آن می باشد. به همین دلیل تعریف هریک از واژگان ودرپی آن شناخت اتصالات با توجه به مشخصه های فوق حائز اهمیت خواهد بود.

۱- مقاومت : مقاومت یک اتصال مقدار نیروی نهایی است که اتصال می تواند تحمل کند. هرچند اکثر آیین نامه ها مقاومت اتصالات و ادوات اتصال را مقاومت پلاستیک آن می دانند ، اما در برخی موارد حد جاری شدن اتصال، مقاومت آن تلقی می گردد. مقاومت نهایی اتصال می تواند از آزمایش و یا روشهای مقاومت مصالح بدست آید.
جهت تعیین نیروهای اتصال ، تحلیل استاتیکی صورت می گیرد . این تحلیل مدل سازه و بارهای طرح اتصال را در بر دارد . در فرایند طرح اتصال ، سختی اتصال پارامتر بسیار مهمی می باشد . اتصال می تواند بر اساس آن ، صلب ، مفصل یا چیزی میان آن دو باشد . این مهم به همراه ظرفیت شکل پذیری اتصال می تواند نهایتاً به صورت توزیع تنش ها در اتصالات نقش مهمی بازی کند.

۲- سختی: سختی یک اتصال عمدتا سختی برشی و خمشی آن را شامل می شود اما به لحاظ تغییر شکلهای فوق العاده کوچک ناشی از برش تکیه گاه ، سختی خمشی شناسه اصلی اتصال محسوب می گردد. سختی خمشی یک اتصال، مقدار لنگری است که در هرلحظه بتواند دورانی بمقدار یک رادیان در اتصال ایجاد کند. بدیهی است بدلیل وجود تنشهای پسماند[1] ، جاری شدن موضعی[2] اجزای اتصال مانند ورقها، جوش و غیره و حتی فراخی

---

[1] -residual stress
[2]-local yielding

محل پیچها و پرچها این مقادیر همواره عدد ثابتی نباشند . لذا مقایسه اتصالات بر اساس سختی مقایسه رفتار اولیه آنها می باشد.از آنجا که در یک گره ، مجموعه اعضا و اتصالات دوران دارند بنابر این در صورت استفاده از روابط کلاسیک باید سختی اتصال به نحو مناسبی وارد شود.

سختی اتصال را می توان از نتایج آزمایشگاهی که تفسیر شده باشند و یا از روش فنرهای سری و موازی با توجه به سختی ادوات اتصال بدست آورد(روش المانهای مرکب[1]).

سختی اتصال در تعیین سطح بارگذاری اعضایی که باید برای حمل نیروهای خاص طرح شوند تأثیر گذار است .

مثلاً اتصالی که مربوط به اعضا با دوران جزئی می باشد ، می تواند در برنامه ریزی طرح اتصالات بصورت مفصلی در نظر گرفته شود . سختی اتصال در قابهای بدون مهاربند ، تغییر شکل ها را به خوبی کنترل می کند . سختی اتصالات می تواند به صورت انتقال دهنده جابجایی ها و دوران ها در تحلیل نیز تأثیر گذار باشد .

۳- شکل پذیری: شکل پذیری اتصال عمدتا به دو صورت قابلیت تغییر شکل تا لحظه گسیختگی و یا قابلیت تغییر شکل افزون پس از جاری شدن اتصال تا لحظه گسیختگی مطرح می باشد. این پارامتر جهت ارزیابی رفتار قاب و یا اتصالات اهمیت می یابد. مقادیر شکل پذیری دراکثر آیین نامه ها متناسب با شرایط ساختگاه محدود شده اند . در اکثر اتصالات این پارامتر در تضاد با سختی می باشد، اما نمی توان با قاطعیت عنوان کرد هر چه سختی اتصال بیشتر باشد شکل پذیری آن کمتر است.

مفاهیم فوق می توانند هم بصورت مجزا یعنی مستقل از مشخصات اعضای متصل شونده و هم بصورت مجموعه عضو و اتصال بیان شوند. در مورد سختی ومقاومت ، با مشخص بودن اعضا و اتصالات و دانستن رفتار اتصال، می توان رفتار مجموعه عضو و اتصال را پیش بینی نمود و بالعکس.

اکنون تقسیم بندی اتصالات که تا کنون بر اساس مفاهیم فوق صورت گرفته عنوان می شوند تا مرز اتصالات ساده، صلب و نیمه صلب مشخص گردد.

---

[1] -compound element

۱-۲ دسته بندی اتصالات[1] :

هر چند که صحبت از انواع اتصالات رایج است اما باید مشخص شود که مرز اتصالات ساده ، نیمه گیردار و گیردار کجاست . در دهه ۹۰ مقالات و نوشته های مستقلی در این باره به چاپ رسید که از پیشتازان آن می توان به CEN(1992) [۸]و ژورهود (Bjorhovde 1990) اشاره کرد . تقسیم بندی ژورهود بیشتر به هندسه اتصال توجه داشت و مقاومت اعضای اتصال را نادیده می گرفت اما تقسیم بندی EC3[2] بر اساس مقاومت اعضای اتصال بود و بنابراین در سازه ها با داشتن ابعاد مقاطع ، تقسیم بندی یوروکد منطقی تر به نظر می رسد.

صرف نظر از معایب و مزایای این تقسیم بندی ها اخیراً از آزمایشات استاندارد و روشهای تحلیل اجزای محدود و تحلیل جابجایی محدود در ناحیه الاستو پلاستیک (chen 1994),Goto(1995) [۱۰و۱۱]استفاده می شود که به خوبی مرز اتصالات صلب و نیمه صلب را نشان می دهد .

۱-۲-۱- تقسیم بندی بر اساس آیین نامه اروپا :

آیین نامه اروپا اتصالات را بر اساس مقاومت و سختی مانند زیر دسته بندی می کند.

$$\begin{cases} M_R \le 0.25 M_{PLRd} \rightarrow 1 \\ 0.25 M_{PLRd} \langle M_{Rd} \le M_{PLRd} \rightarrow 2 \\ M_{PLRd} \le M_{Rd} \le 1.2 M_{PLRd} \rightarrow 3 \end{cases}$$

۱:اتصال مفصلی است

۲:اتصال نیمه مقاوم است

۳:اتصال کاملاً مقاوم است

در این روابط M_{Rd} مقاومت خمشی طرح در اتصال و M_{PLRd} مقاومت طرح تیر (لنگر پلاستیک کامل[3]) می باشد . این نوع دسته بندی می تواند در طرح خمیری موثر باشد . دسته بندی بر اساس سختی نیز بصورت زیر است .

---

[1] -classification of connection
[2] -EuroCode3
[3] -perfectly plastic moment