



بررسی پدیدهٔ تمرکز کرنش پلاستیک حول متمرکز کننده های تنش در فلزات سازه ای

حسن مقدم^۱، مجید عرفانی^۲

۱- استاد گروه مهندسی زلزله دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف

۲- دانشجوی دکتری سازه و زلزله دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف

مجدید عرفانی erfanim@yahoo.com

خلاصه

این مقاله به تبیین این نکته میپردازد که در گذار از حوزه الاستیک به حوزه پلاستیک و بروز تسلیم در مناطق تمرکز تنش، اگر چه ضریب تمرکز تنش بسبب باز توزیع تنش مازاد بر حد تسلیم روی همسایگی های تسلیم نشده کاهش میابد و میدان تنش بسمت یکنواخت شدن حول میانگین پیش میروند، لیکن بدلیل انباشت بدون باز توزیع کرنش پلاستیک و نرخ سریع رشد آن در اثر تسلیم و وادادگی توده مصالح، ضریب تمرکز کرنش بنحو چشمگیری افزایش میابد. بدین منظور چهار تئوری تحلیل تمرکز تنش و کرنش الاستوپلاستیک بیان میشود و مفهوم آن طی دو مثال، تسمه کمی باریک شده در کناره و تسمه گردسوراخ شده در میانه، توصیف میگردد. حال از یکسو زلزله های ۱۹۹۴ نورتریج و ۱۳۶۹ منجیل نشان میدهد شکست اتصالات سازه های فلزی، از نقاط تمرکز تنش آغاز و گسترش میابد و از سوی دیگر سازه در حین زلزله تحت بارگذاری چند ده سیکلی مادون کم دور قرار میگیرد که شکست ناشی از آن در شدتهای بسیار بالای کرنش رخ میدهد، بنابراین میتوان با بررسی میدان تمرکز کرنش حول متمرکز کننده های تنش در اتصالات، موضع بروز شکست را پیش بینی نمود. بر این اساس دو نوع اتصال، یکی اتصال صلب بال جوش شده تقویت نشده و دیگری اتصال خرچینی ساده تقویت نشده، مورد بررسی قرار گرفته اند. این بررسی و تطابق آن با نتایج آزمایشات، نشان میدهد که چنانچه بحرانی ترین موضع تمرکز کرنش در اجزای اتصال بدرستی شناسایی گردد، میتواند مبنای پیش بینی نقطه آغازین شکست در اتصال باشد.

کلمات کلیدی: تمرکز کرنش پلاستیک، متمرکز کننده تنش، ضرایب تمرکز تنش و کرنش، ظرفیت کرنش پذیری

مقدمه

مشاهدات و پژوهشهای پس از دو زلزله مهم سال ۱۹۹۴ نورتریج و سال ۱۳۶۹ منجیل نشان داده است که آسیبهها، بدلیل پیچیدگی هندسی و بروز تمرکز در میدان تنش و نتیجتاً فقدان شکلپذیری لازم برای تحمل تغییر شکلهای تحمیلی زلزله، عمدتاً از اتصالات آغاز و گسترش میابد. لیکن از آنجا که تعیین توزیع واقعی میدان تنش دشوار است، با این دید که در گذار از حوزه خطی به غیر خطی، تنشهای مازاد بر حد تسلیم روی نواحی تسلیم نشده باز توزیع شده و تمرکز اولیه میدان تنش اثر خود را از دست می دهد، فرض میگردد که میتوان اتصال را بر مبنای تنش های اسمی میانگین طرح نمود. اما این پرسش پیش میاید که اگر در حوزه غیر خطی، تمرکز تنش در اجزای اتصال به دلیل باز توزیع میدان تنش از بین میروند، چرا گسیختگی اغلب از همان موضع بیشترین تمرکز تنش در حوزه خطی شروع می شود. بعنوان نمونه، در اتصالات خرچینی تقویت نشده، جوش گوشه کنج نبشی فوقانی تمرکز تنش الاستیک چشمگیری را تجربه میکند و در زلزله منجیل ۱۳۶۹ از همان نقطه میگسلد. یا در اتصالات صلب تقویت نشده که بال تیر مستقیماً به ستون جوش گردیده است، جوش نفوذی پشت بند دار بال پایینی تیر به ستون در محل جان دارای بیشترین تمرکز تنش الاستیک است و گسیختگی آن در زلزله نورتریج ۱۹۹۴ از همان نقطه اتفاق میافتد. در پاسخ به این پرسش توجه به این مهم ضروریست که ریزمکانیسمهای شکست خستگی ناشی از بارگذاری ناپایستار و چند ده سیکلی مادون کم دور زلزله، در شدتهای بسیار بالای کرنش رخ میدهد و علاوه بر آن، تنش یک مفهوم ریاضیاتی منتج از مفهوم فیزیکی کرنش است و بر همین مبنای نیز اندازه گیری میگردد. لذا در توضیح موضع شکست، بررسی میدان کرنش در نواحی تمرکز تنش از اهمیت بسزایی برخوردار است. براین مبنای عملکرد لرزه ای هر سازه در برابر زلزله نیز که به ظرفیت تغییر شکل پلاستیک و نتیجتاً به موعد و موضع گسیختگی اعضا و اتصالات آن بستگی کامل دارد، اساساً مبتنی بر کرنش پذیری آنها بعنوان عامل بی واسطه بروز شکست خواهد بود. کاوش فنی در مطالعات پیشین و مدلسازیهای اجزای محدودی از آزمایشات موجود نیز نشان میدهد که ضریب تمرکز کرنش حول متمرکز کننده های هندسی تنش در گذار میدان کرنش از حوزه الاستیک به حوزه پلاستیک، برغم ضریب کاهش تمرکز تنش، کاملاً رو به افزایش است. نقاط بروز گسیختگی در اتصال صلب بال جوش شده تقویت نشده و اتصال خرچینی ساده تقویت نشده نیز که در زلزله های ۱۹۹۴ نورتریج و ۱۳۶۹ منجیل مشاهده و در آزمایشات انجام یافته تایید شده اند، برپایه مفهوم تمرکز کرنش حول تمرکز دهنده های هندسی تنش قابل پیش بینی هستند.

بررسی مفهومی تمرکز کرنش پلاستیک در تسمه کمی باریک شده در کناره

مطابق شکل ۱ تسمه ای با نسبت طول به عرض بزرگ، به عرض B و ضخامت t از جنس فلز الاستوپلاستیک کامل با تنش تسلیم F_y در نظر میگیریم که از یک طرف به عمق اندک A باریک شده و بارکشی P به میان تار مقطع کامل آن که بقدر $A/2$ خارج از مرکز مقطع باریک شده است، وارد میگردد.