

## کیت آموزشی اتصالات سازه‌های فولادی

ارژنگ صادقی

گروه عمران دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی

**چکیده:** اتصالات در سازه‌های فولادی اهمیت زیادی دارد و در صورتی که ساخت و اجرای آنها صحیح نباشد، سازه رفتار مورد نظر طراح را از خود بروز نمی‌دهد و ممکن است فاجعه به بار آورد. لذا شناخت اتصالات و درک صحیح عملکرد آنها برای مهندسان و دانشجویان رشته عمران بسیار مهم است. آشنایی کافی و عملی دانشجویان این رشته با این مبحث مهم فولادی به دلیل کمبود امکانات در اکثر دانشگاهها و نبود وقت کافی تحقق نمی‌پذیرد. یکی از روشهای رفع این نقیصه آشنا کردن دانشجویان با نحوه ساخت و اجرای اتصالات در سازه‌های فولادی با استفاده از مدل‌های مناسب است که امکان نمایش سه‌بعدی و همه‌زویای اتصالات را داشته باشد. برای ارزیابی مؤثر بودن این شیوه، مدل‌هایی از پروفیلها و ادوات لازم برای اتصالات فولادی ساخته و ضمن تدریس به دانشجویان ارائه شد تا آنها آشنایی ملموس‌تری با اتصالات پیدا کنند. آزمایش استفاده از مدل‌های ساخته شده نتایج مثبتی به دست داد، به طوری که علاوه بر تسهیل تدریس اتصالات، دانشجویان از کاربرد مدلها در کلاس استقبال و با شوق بیشتری در کلاسها شرکت کردند. در این مقاله نحوه انتخاب مدلها و ابعاد و اندازه‌های آنها و نیز نحوه آزمایش و ارائه به دانشجویان بیان و نتایج به‌کارگیری این ابزار کمک آموزشی طی آزمونی که از دانشجویان به عمل آمد، جمع‌بندی و ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: اتصالات سازه‌های فولادی، مدل اتصالات، تدریس اتصالات، کمبود امکانات و نمایش سه‌بعدی.

## ۱. مقدمه

اتصالات در سازه‌های فولادی از چند نظر اهمیت دارند: اول اینکه این اتصالات در رفتار سازه تأثیر بسزایی دارند و بسته به اینکه به صورت ساده یا گیردار طراحی شده باشند، عملکرد آنها و در نتیجه، سازه تفاوت محسوسی خواهد داشت. دوم آنکه علی‌رغم طراحی، در صورتی که ساخت و اجرا صحیح نباشد، ممکن است سازه رفتار مورد نظر طراح را از خود بروز ندهد و دچار مشکل شود. لذا، شناخت اتصالات و درک صحیح عملکرد آنها در درس سازه‌های فولادی برای مهندسان و دانشجویان رشته عمران بسیار مهم است. از آنجایی که این اتصالات در درس سازه‌های فولادی ۱ و ۲ عمدتاً به صورت نظری تدریس می‌شوند و آشنایی عملی دانشجویان این رشته با این مبحث مهم حتی در درس اجرای سازه‌های فولادی نیز به دلیل کمبود امکانات در اکثر دانشگاه‌ها و نبود وقت کافی انجام نمی‌شود، در نتیجه، لازم است این نقیصه به نحوی مرتفع شود. یکی از روشهای رفع این نقیصه آشنا کردن دانشجویان با نحوه ساخت و اجرای اتصالات در سازه‌های فولادی با نشان دادن مدلهای مناسب یا نرم افزارهایی است که امکان نمایش سه بعدی و همه گوشه و کناره‌های اتصالات را داشته باشند. در این خصوص، در این پروژه تحقیقاتی سعی شده است تا هر دو روش به کار گرفته شود و دانشجویان با دیدن مدل و نمایش نرم افزاری با اتصالات آشنایی ملموس‌تری داشته باشند. طی این بررسی، اعضا، پروفیلها و ادوات اتصال فولادی به صورت مدل از چوب با مقیاس یک به یک ساخته و اتصالات فولادی به صورت عینی به دانشجویان ارائه شده است. این کار ضمن فراهم ساختن الگوی سه بعدی از اتصالات، این امکان را برای مدرس فراهم می‌کند که گزینه‌های مختلف استفاده از پروفیلها و ادوات اتصال را در حین سوار کردن اتصال توضیح دهد و تفاوت‌های آنها را بازگو کند. نتایج بررسیهای به عمل آمده نشان داد که این کار علاوه بر بالا بردن قدرت تجسم دانشجویان، موجب علاقه بیشتر آنها در حضور در کلاس می‌شود.

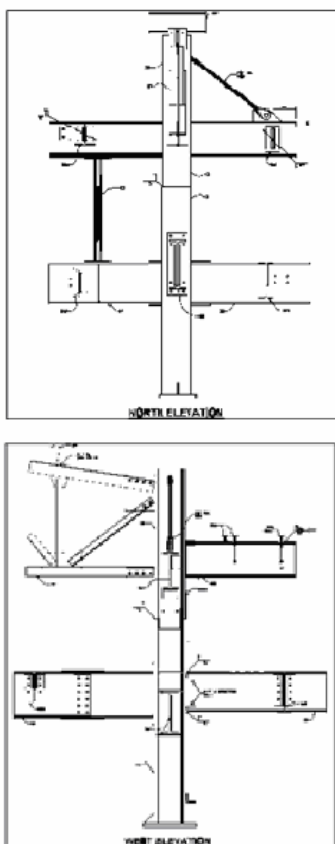
## ۲. سابقه طرح

در تابستان سال ۱۹۸۵، پس از دیدن ناتوانیهای دانشجویان در تجسم حتی اتصالات ساده، دکتر الیفريت<sup>۱</sup> شروع به پیدا کردن راهی کرد که بتواند اتصالات را بیشتر واقعی کند. این اندیشه به ذهن او خطور کرد که اتصالات را در مقیاس واقعی بسازد و آنها را به سر کلاس بیاورد، اما سنگینی این اتصالات او را از این فکر منصرف کرد. در نتیجه، ساختن مجسمه از فولاد می‌توانست برای عموم جذاب باشد. این کار در مهر سال ۱۹۸۶ تکمیل شد و پس از آن مؤسسه AISC از این فکر حمایت کرد و این مجسمه (شکل ۱) در بسیاری از محوطه‌های دانشگاههای امریکا [حدود ۵۰ دانشگاه] نصب شد و هر ترم دانشجویان می‌توانند از آن در درس اتصالات سازه‌های فولادی استفاده کنند [۱].

در سال ۲۰۰۳، انجمن مهندسان سازه کلرودو و انجمن ساختمان فولادی راکی مانیتین نیز برای کمک به اجرای مقررات AISC توسط مهندسان معمار و پیمانکاران، راهنمایی تهیه کرد که دارای تابلو نمونه‌ای بود (شکل ۲) که قطعات کوچکی از فولاد سازه‌ای ساخته شده در آن نصب شده بود. هدف از این طرح نشان دادن سطوح پرداخت شده در سازه‌های فولادی آشکار برای آرشیوتکته‌ها و پیمانکاران بود تا بتوانند تصمیم بگیرند که چه جنبه‌هایی در یک پروژه فولادی آشکار مهم هستند. نمونه‌های فیزیکی به طراح اجازه می‌دهند که نحوه اثر کاستیهای سطوح پرداخت شده را از فواصل مختلف ارزیابی کند.

برای تدریس سازه‌های فضاکار نیز از مدل‌های میله‌ای در دانشگاه مونت پلیه در فرانسه توسط موترو [۳]، در دانشگاه ولنگنگ استرالیا توسط اشمیت [۴]، در دانشگاه معماری و هنر دانمارک توسط دمبرنوسکی [۵] و در دانشگاه شفیلد انگلستان توسط پوپویچ و همکارانش [۶] استفاده شده است. همچنین، برای سازه‌های کششی و کابلها در دانشگاه اشتوتگارت آلمان توسط لینک ویتز [۸]، در دانشگاه وریژ بلژیک توسط مولارت [۸] و در دانشگاه متروپولیتانای مکزیک توسط موترو و گونزالس [۹] و همچنین، برای تدریس فرمیابی سازه‌های فضایی در دانشگاه وارویک و ناتینگهام انگلستان توسط لويس و چپلتون

[۱۰] و در دانشگاه معماری نانس - آتلانتیک فرانسه توسط چاساگنو و همکارانش [۱۱] این مدل استفاده شده است.



شکل ۱: تصویر مجسمه فولاد ابداعی دکتر الیفریت



شکل ۲: نمونه ای از تابلوهای کمک آموزشی

### ۳. شرح آزمایش

نگارنده با توجه به سالها تدریس درس سازه‌های فولادی دریافته است که بیشتر دانشجویان که به صورت عملی در کارگاههای ساختمانی کار نکرده اند، در فهم اتصالات فولادی دچار مشکل می‌شوند و تصور حجم و ابعاد و نیز تعداد و ترتیب ادوات اتصال برای آنها دشوار است، لذا، تصمیم گرفت با ساخت وسایل کمک آموزشی تجسم اتصالات را برای دانشجویان ساده‌تر سازد. برای این کار مطالعاتی شروع شد و با توجه به انواع اتصالاتی که معمولاً در درس سازه‌های فولادی ۲ تدریس می‌شود و همین‌طور در سازه‌های فولادی متعارف به کار می‌روند، آزمایشی ترتیب داده شد که شرح و نتایج آن آورده شده است.

این آزمایش دارای سه مرحله اصلی به ترتیب زیر است:

مرحله اول: انتخاب مدل یا نمونه، ابعاد و جنس مناسب برای آنها

مرحله دوم: ساخت و تهیه

مرحله سوم: آزمایش در کلاس و نظرسنجی از دانشجویان

### ۳.۱. مرحله اول: انتخاب مدل یا نمونه، ابعاد و جنس مناسب برای آنها

مرحله اول تصمیم‌گیری در باره انتخاب مدل یا نمونه با تعریفها و تواناییهای خاص هر کدام و سپس، انتخاب ابعاد مناسب برای نشان دادن اتصالات بود، به طوری که تاحد ممکن واقعی به نظر بیایند و دانشجویان حس درستی از اتصال پیدا کنند. برای این کار عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری در سه بخش الف. انتخاب مدل یا نمونه، ب. انتخاب ابعاد مدلها و ج. انتخاب چند نوع اتصال برای مدلسازی مورد مطالعه قرار گرفت. شایان ذکر است که گرچه این بخشها در اینجا مستقل از هم شرح داده شده‌اند، اما در زمان تصمیم‌گیری به صورت توأم و متقابل در نظر گرفته شده‌اند.

#### الف. انتخاب مدل یا نمونه

برای انتخاب مدل یا نمونه به منظور نشان دادن هدف نگارنده لازم بود تفاوت مدل و نمونه روشن شود و یکی از آنها که برای ایجاد تجسم در دانشجویان و تفهیم مطلب به آنان مفیدتر بود، انتخاب می‌شود. برای این کار مزایا و معایب مدل و نمونه و نیز مصالح مناسب بررسی شد و در نهایت، انتخاب نهایی صورت گرفت.

#### الف.۱. تفاوت مدل و نمونه

برای نشان دادن یک نظریه می‌توان به دو طریق عمل کرد: ۱. مدلی بسیار دقیق از آن ساخت که کلیه جزئیات ایده مورد نظر را نشان دهد؛ ۲. نمونه ای کلی ساخت که با مقیاس متفاوتی نشان دهنده کارکرد و هدف اصلی ایده باشد. لذا، لازم است در اینجا بین مدل و نمونه فرق قایل شد. به‌طور کلی، می‌توان مدل و نمونه را به صورت زیر از هم تفکیک کرد:

- مدل ۱ عبارت از یک مشابه کوچک، ولی دقیق از چیزی است.
- نمونه ۲ یک مشابه سازی کارکردی از یک فکر یا چیزی است که برای انجام دادن آزمایشها پیش از تولید نسخه نهایی ساخته می‌شود.

واضح است که هر یک از دو مدل و نمونه کارکرد و فایده خاص خود را خواهد داشت. برای برخی کارها که هدف اصلی نشان دادن ظاهر و تناسب اجزای یک ایده است، ساخت مدل برآورنده نیت طراح یا محقق مناسب خواهد بود. در حالی که برای نشان دادن مکانیسمها یا ارتباط اجزای یک نظریه یا دستگاه، نمونه مفیدتر است.

برای موضوع تحقیق حاضر هر دو مورد بررسی شد. مدل می تواند چیدمان پروفیلها، ادوات اتصال و نحوه اجرای اتصالات فولادی را نشان دهد. در این صورت دانشجوی می تواند با دیدن ظاهر واقعی یک اتصال به حجم آن پی ببرد و تأثیر آن در معماری سازه و نیز کار اجرایی لازم برای اجرای یک اتصال را دریابد. از طرف دیگر، به وسیله یک نمونه بدون اینکه مقیاسها رعایت شده باشند، می توان صرفاً به نحوه اجرا و آرایش اجزای یک اتصال پرداخت. در این صورت، می توان انتظار داشت که دانشجویان فقط دید کلی از انواع اتصال و نحوه اجرای آنها به دست آورند.

#### الف. ۲. مصالح مورد استفاده در مدل و نمونه

در هر دو حالت مدل و نمونه باید مصالح مناسبی برای ساخت و تحقق نظریه انتخاب شود. معیارهای انتخاب مواد مناسب به انتظار طراح یا محقق از مدل یا نمونه اولیه بستگی دارد. می توان از مصالح سبک یا سنگین، واقعی یا جایگزین و پردوام یا یک بار مصرف و ... استفاده کرد که در هر صورت انتخاب نوع مصالح لازم با توجه به انتظارات طراح یا محقق از نتایج ارائه اندیشه خود خواهد بود. اگر کارکرد نمونه یا مدل وابسته به مصالح واقعی باشد که در نظریه اصلی کاربرد دارد، در آن صورت انتخاب مطرح نیست و باید از مصالح متناظر با مصالح<sup>۱</sup> واقعی در مدل یا نمونه استفاده کرد. لکن اگر کارکرد مدل یا نمونه به جنس مصالح بستگی نداشته باشد و صرفاً به شکل آن وابسته است، در این صورت معیارهای دیگری از قبیل سبک یا سنگین بودن محصول به دست آمده یا تعداد دفعات

---

1- Model

2- Prototype

استفاده از نمونه یا مدل و همچنین، بحث آسیب‌پذیری هنگام حمل و نقل در انتخاب مصالح مطرح می‌شوند. البته، علاوه بر همه این موارد می‌توان مسئله اقتصاد و میزان هزینه لازم یا قابل قبول را در یک طرح به‌عنوان معیاری مهم نام برد.

برای تصمیم‌گیری صحیح در خصوص نوع مصالح مصرفی در ساخت یک مدل یا نمونه، اولین گام شناخت مواد و مصالح معمول یا مناسب برای این کار است. علاوه بر مصالح واقعی، که با توجه به نوع فکر یا طرح به کار می‌روند، به طور معمول از مواد متنوعی برای ساخت مدل یا نمونه استفاده می‌شود که بخشی از آنها که بیشتر رایج هستند، شامل موارد زیر است:

- ❖ فوم (از قبیل یونولیت یا پلی اورتان که به صورتهای مختلف مثل ورقه‌ای یا لوله‌ای موجود هستند)
- ❖ تخته و چوبهای مختلف
- ❖ گل رس مدلسازی
- ❖ فویل آلومینیومی
- ❖ کاغذ و مقوا
- ❖ مجموعه‌های اسباب بازی موزاییکی مثل Lego\*
- ❖ نی و قسمتهای مختلف گیاهان و میوه‌های برخی از درختان سوزنی
- ❖ چرخ، پره، قرقره و دیگر وسایل مکانیکی که از فلز ساخته می‌شوند.
- ❖ مواد قابل بازیافت مثل چوب پنبه، قوطیهای کنسرو، سلفون و . . .

### الف.۳. انتخاب این تحقیق

در فرایند تصمیم‌گیری برای انتخاب یک نمونه یا مدل مناسب برای تحقیق حاضر در ابتدا سؤالاتی مطرح شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. سؤال اساسی این بود:

۱- "نمونه یا مدل، کدام برای هدف این طرح مناسب‌تر است؟"



سؤالات دیگر به شرح زیر بودند:

- ۲- استفاده از چه مدل‌های دیگری امکان دارد؟
- ۳- آیا مقیاس باید یک به یک یا متفاوت باشد؟
- ۴- برای ساختن آن به چه مواد و وسایلی نیاز خواهد بود؟
- ۵- چه چیزی برای ارائه فکر ما در دسترس نیست؟

در تحقیق حاضر مطابق سؤال یک، اولین انتخاب باید بین مدل و نمونه، با تعریفی که پیشتر ذکر شد، صورت می‌گرفت. بدین ترتیب که یا باید مدلی از طرح با ابعاد و اندازه‌های واقعی و متناسب انتخاب می‌شد یا صرفاً نمونه‌ای با مقیاس دلخواه برای نشان دادن کلیات اتصالات فراهم می‌شد. با توجه به اینکه هر کدام از گزینه‌های یادشده دارای مزایا و معایبی بودند، فهرستی از مزایا و معایب هر یک از گزینه‌ها تهیه شد و سپس، تصمیم‌گیری نهایی در خصوص آنها صورت گرفت.

#### مزایای انتخاب مدل با مقیاس واقعی

- الف. ایجاد تصویر واقع بینانه از اتصالات مختلف
- ب. ایجاد درک صحیح از میزان جاگیری یک اتصال در یک سازه از نظر معماری
- ج- ایجاد زمینه درک درست از میزان کار یدی لازم برای ساخت یک اتصال

#### مزایای انتخاب نمونه کلی بدون رعایت مقیاس واقعی

الف. آزادی در انتخاب مقیاس دلخواه برای پروفیلها و ادوات اتصال به صورت مستقل

از هم

ب. جابه‌جایی راحت تر نمونه‌ها هنگام نشان دادن نمونه به دانشجویان  
با آنکه هر یک از گزینه‌های یادشده دارای مزایایی هستند، بدون معایب هم نبودند و این امر در تصمیم‌گیری مؤثر است. لذا، معایب این گزینه‌ها نیز بدین صورت فهرست شدند:

#### معایب استفاده از مدل با مقیاس واقعی

الف. جابه‌جایی چنین مدل‌هایی آسان نیست و کار با آنها نیز در کلاس ساده نخواهد بود. لذا، باید مصالح مورد استفاده حداقل وزن را داشته باشند.

ب. انتخاب مقیاس مناسب به دلیل وجود اتصالات با ابعاد مختلف به علت ظرفیتهای باربری لازم مشکل است.

#### معایب استفاده از نمونه با مقیاس دلخواه

الف. به علت عدم استفاده از مقیاس واقعی، درک صحیحی از جزئیات اتصال به دست نمی‌آید.

ب. درک لازم از حجم فضای مورد نیاز و نیز کار ییدی لازم برای اجرای اتصال ایجاد نمی‌شود.

با بررسی مزایا و معایب هر دو حالت، مدلی با ابعاد واقعی برای ارائه ایده پروژه به دانشجویان انتخاب شد. از طرف دیگر، مصالح انتخابی برای ساخت مدل با توجه به ضوابط و معیارهای زیر از چوب انتخاب شدند:

الف. چوب نسبت به انواع مواد مدلسازی مثل فوم و مقوا با دوام تر است.

ب. وزن اعضای چوبی نسبت به حجم آنها کم است و نمونه‌های ساخته شده هر کدام به آسانی توسط یک دست قابل جابه‌جا شدن هستند.

ج. هزینه ساخت مدل چوبی نسبت به مدل پلاستیکی به دلیل عدم نیاز به قالب کمتر است. چون در پروژه حاضر یک مدل برای بررسی ابعاد لازم و تعیین اشکالات و رفع آنها ساخته خواهد شد، استفاده از پلاستیک به علت هزینه بر بودن منتهی بود، ولی در مرحله بعدی این طرح برای تولید انبوه پلاستیک مورد بررسی بیشتر قرار خواهد گرفت.

در بررسی سؤال ۲ که استفاده از چه مدل‌های دیگری امکانپذیر است؟ جواب این بود که حداقل استفاده از یک مدل فیزیکی دیگر امکان دارد و آن هم مشابه مدل (مجسمه فولاد) ساخته شده توسط دکتر الیفریت [۱] است. لکن همان‌طور که گفته شد، این مدل

به دو دلیل نمی‌تواند نیات محقق را برآورده کند: اول اینکه یک مدل آماده آن‌هم از فولاد قابل جابه‌جایی در کلاس نیست و نمی‌تواند توسط مدرس به راحتی مورد استفاده قرار گیرد. دوم اینکه مراحل اجرایی کار که در طراحی یک اتصال مهم است، در یک مدل ساخته‌شده قابل پیاده کردن نیست و برای دانشجوی مفهوم نخواهد بود.

علاوه بر این، مدلسازی نرم افزاری روش دیگری است که می‌توان طی آن انواع اتصالات را به صورت پویا نمایی با نرم افزارهای مختلف از قبیل AutoCad ، 3DMAX ، MAYA و غیره در کلاس ارائه داد. ولی این کار جایگزین مدلسازی واقعی که دانشجوی بتواند آن را عملاً حس کند و خود با آن یک اتصال اجرا کند، نخواهد شد. برای نمونه این کار توسط محقق با نرم افزار 3DMAX انجام و مدل بعضی از اتصالات طراحی شد که نتیجه چندان‌ی نداشت.<sup>۱</sup>

جواب دادن به سؤال ۳ که آیا باید مقیاس مدل یک به یک یا متفاوت باشد، آسان نبود. علت این امر آن است که اتصالات تنوع زیادی دارند و هر نوع از اتصالات می‌توانند با اندازه‌های مختلفی از پروفیلها و ادوات اتصال [بسته به ظرفیت و بار مورد نظر] اجرا شوند. لذا، یک مدل انتخابی می‌تواند نسبت به یک ظرفیت بار انتقالی مدل یک به یک باشد و نسبت به ظرفیت بار انتقالی دیگر مقیاس کوچک یا بزرگ داشته باشد. لذا، از نظر مدل مهم این است که مجموعه اتصال با هم از نظر مقیاس همخوان باشد و از طرف دیگر، چون انواع اتصالات لازم است با تعداد کمی پروفیل و ادوات اتصال قابل اجرا باشند، پروفیلها و ادوات اتصال انتخاب شده باید قابل کاربرد در انواع اتصال باشند.

در جواب سؤال ۴ که برای ساختن مدل به چه مواد و وسایلی نیاز خواهیم داشت، جواب این بود که برای ساختن مدل از چوب، چسب، میخ و وسایل نجاری استفاده شد و نیز برای اینکه کار ظریف و متناسب باشد، ساخت مدل به نجار سپرد شد که به دلیل علاقه نجار به موضوع طرح، وی در ابعاد و اندازه‌های مدل دقت زیادی به خرج داد تا کاملاً مساوی اندازه‌های جداول پروفیلها باشند.

در نهایت، برای سؤال ۵ که چه چیزی برای مدل ما در دسترس نیست، جواب این بود که مهم‌ترین چیزی که در دسترس مدل ما نیست، امکان ارائه اتصالات جوشی است و یک امر مهم ایجاد روشی است که بتوان قطعات چوبی را در هر جا به هم متصل کرد و سپس، آن را از هم باز کرد و این کار قابل تکرار باشد، بدون اینکه به مدل چوبی صدمه وارد شود. در این مدلها از پیچ نیز استفاده به عمل نیامد، زیرا:

- الف. همه جا نمی‌توان از پیچ استفاده کرد، به خصوص در اتصال صفحات قائم.
- ب. در ایران استفاده از اتصالات پیچی زیاد رایج نیست و هدف این طرح نشان دادن اتصالات رایج بود، هر چند در آینده می‌تواند این روند تغییر یابد.
- ج. سوراخ پیچها در اجزا و ادوات اتصال می‌تواند برای دانشجو سوء تفاهم و برای خود قطعه نقطه ضعف ایجاد کند.

پس از بررسی جواب مجموعه سؤالهای یادشده، با توجه به انواع اتصالات ممکن و نیز ابعاد پروفیل‌های مختلفی که در یک نوع اتصال ممکن است مورد استفاده قرار گیرند، از هر نوع اتصال یک نمونه انتخاب شد و برای اینکه پروفیل‌های به کار رفته در نمایش اتصالات تنوع خیلی زیادی نداشته باشد، تصمیم گرفته شد که پروفیل‌های اصلی به کار رفته در انواع اتصالات تا حد ممکن یکسان باشد تا کیت مورد نظر متراکم و حجم حداقل را داشته باشد.

#### ب. انتخاب ابعاد مدلها

اتصالات در سازه‌های فولادی تنوع بسیار زیادی دارند، به طوری که نمی‌توان همه آنها را مدل و حتی در کلاس تدریس کرد، ولی می‌توان آنها را طبقه‌بندی کرد و از هر طبقه چند نمونه را به نمایش درآورد. انواع اتصالات فولادی ساختمانها را به طور کلی می‌توان به صورت زیر بر شمرد:

ب.۱. اتصال تیر به ستون

ب.۲. اتصال ستون به پی

ب. ۳. اتصال ستون به ستون

ب. ۴. اتصال تیر به تیر

ب. ۵. اتصال بادبند به قاب

البته، این اتصالات خود به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که در ادامه به مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود:

ب. ۱. اتصال تیر به ستون

اتصال تیر به ستون دارای تنوع زیادی است، ولی انواع آن را می‌توان به دو شاخه بسیار مهم تقسیم کرد: اول اتصالات ساده و دوم اتصالات گیردار. اتصالات ساده نیز خود به انواع زیر قابل تقسیم هستند:

- اتصال ساده با نبشی نشیمن

- اتصال ساده با نبشی تودلی

- اتصال ساده با نشیمن لچکی

- اتصال ساده خورجینی

اتصالات یادشده می‌توانند به صورت اتصال به بال یا اتصال به جان ستون طراحی و اجرا شوند، لذا، می‌توان همین اتصالات را به دو گروه تقسیم کرد که در اینجا فقط اتصالات تیر به بال ستون مورد نظر است.

از طرف دیگر، اتصالات گیردار تیر به ستون نیز به دو گروه کلی زیر قابل تقسیم هستند:

- اتصال گیردار مستقیم تیر به ستون

- اتصال گیردار تیر به ستون از طریق ورقها و ادوات اتصال دیگر

باید به خاطر داشت که همه اتصالات یادشده می‌توانند به ستونهای تک پروفیل یا چند پروفیل متصل باشند، همین‌طور تیرها نیز می‌توانند منفرد یا مزدوج باشند.

ب. ۲. اتصال ستون به کف ستون

اتصال ستون به کف ستون نیز می‌تواند به صورت ساده یا گیردار باشد یا بدون آنکه گیردار باشد به علت خروج از مرکزی در روی کف ستون (مثل ستونهای گوشه) دارای لنگر باشد. لذا، می‌توان در حالت کلی اتصال ستون به پی را به حالات زیر تقسیم کرد:

- اتصال ستون با بار محوری بدون خروج از مرکزی
- اتصال ستون با بار محوری با خروج از مرکزی
- اتصال ستون با بار محوری و لنگر خمشی

ب. ۳ و ۴. اتصال ستون به ستون و اتصال تیر به تیر

این نوع اتصالات که بیشتر به وصله موسوم هستند، می‌توانند به دو صورت ساده یا گیردار طراحی و اجرا شوند. البته، رعایت مواردی نیز از نظر طراحی در این وصله‌ها شرط است که هنگام تدریس توسط استادان تذکر داده می‌شود و نیازی به ذکر آنها نیست.

ب. ۵. اتصال بادبند به قاب

اتصال بادبند به قاب خمشی یا ساده می‌تواند به صورت هم محور یا برون محور طراحی و اجرا شود، لکن این امر از تنوع این اتصال نمی‌کاهد. از انواع اتصال بادبندها به صورت زیر می‌توان نام برد:

- اتصال بادبند به گره ستون و تیر (با یا بدون خروج از مرکزی)
- اتصال بادبند به گره ستون و پای ستون
- اتصال بادبند به میانه تیر (با یا بدون خروج از مرکزی)
- اتصال بادبند به میانه ستون
- اتصال بادبند به بادبند

نکته دیگر اینکه علاوه بر اتصالات یادشده، اتصالات دیگری در سازه‌های غیر ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که می‌توان برای نمونه اتصال اعضای خرپاهای اتصالات در سوله‌ها و اتصالات در مخازن آب و غیره را نام برد که البته، در تحقیق حاضر

در نظر گرفته نشده‌اند.

### ج. انتخاب چند نوع اتصال برای مدلسازی

هر چند تنوع طرح و روش اجرای اتصالات زیاد است، اما باید با حداقل تعداد اجزای ممکن بتوان به تسهیل آموزش این اتصالات پرداخت. برای این کار در طرح پژوهشی حاضر اتصالات محدودی برای مدلسازی انتخاب شده‌اند. منظور از محدود کردن نمونه‌های انتخابی اتصالات چند مطلب بوده است:

۱. امکان تدریس همه اتصالات در درس سازه‌های فولادی وجود ندارد و لذا، در صورت مدلسازی هم مورد استفاده قرار نخواهد گرفت.

۲. بعضی از اتصالات از نظر ظاهری به هم شباهت دارند و با توضیح اندکی دانشجویان تفاوتها را درک خواهند کرد. لذا، از بین اتصالات تعدادی که برای مدلسازی انتخاب شده‌اند به قرار زیر هستند:

#### اتصالات ساده

با نبشی نشیمن برای تیر منفرد روی ستون دو بله

با نبشی جان(تو دلی) برای تیر منفرد روی ستون منفرد

با نشیمن لچکی برای تیر و ستون دوبله

#### اتصالات گیردار

##### مستقیم

با ورق وصله زیرسری و کله گاوی برای تیر و ستون تک

وصله تیر به تیر منفرد

وصله ستون به ستون برای دو پروفیل

#### اتصالات کف ستون

اتصال ساده برای ستون تک پروفیل

اتصال ساده برای ستون دوبله

### اتصالات بادبندها

- اتصال بادبند از نبشی منفرد به تیر و ستون
- اتصال بادبند از ناودانی دوبله به تیر و ستون
- اتصال بادبند از نبشی منفرد به کف ستون
- اتصال بادبند از ناودانی دوبله به کف ستون
- اتصال بادبند از نبشی دوبله به بادبند
- اتصال بادبند از ناودانی منفرد به بادبند

### ۳.۲. مرحله دوم : ساخت و تهیه

ابعاد اتصالات و اجزای انتخاب شده برای هر اتصال برگرفته از کتاب اتصالات در سازه‌های فولادی [۱۲] است. در انتخاب تیر و ستون لازم برای اتصالات مختلف به منظور پرهیز از پرحجم شدن کیت لازم دیده شده است که تیرها و ستونها در تمام اتصالات یکسان باشند. لذا، برای تیرها از IPE180 و IPE160، برای ستونهای تک پروفیل از IPB160 و IPB140 و برای ستونهای با دو پروفیل از 2IPE180 استفاده شده است.

لذا، با توجه به نیاز به ستون، تیر، عناصر بادبند، ورقها و نیز نبشی در اتصالات مختلف، حداقل تعداد عناصر لازم کیت به صورت زیر استخراج شد:

فهرست عناصر انتخاب شده:

انواع پروفیلها:

IPB160	L=1 m
IPB140	L=1 m
2×IPE180	L=1m
2×IPE160	L=1 m
2×UNP100	L=1.2 m
4×L100×10	L= 0.1 m
2×L80×8	L=1.2 m
2×L80×8	L=0.6 m
2×L80×8	L=0.05 m



انواع ورقها:

PL20	400×400 mm 300×300 mm
PL10	120×100 mm 2× (300×125) mm 300×125 mm
PL8	2× (250×250) mm 150×100 mm 2× (400×60) mm
PL6	2× (350×100) mm

در اشکال ۳ تا ۷ تصاویر پروفیلها و ادوات اتصال ساخته شده از زوایای مختلف نشان

داده شده‌اند.



شکل ۳: پروفیلهاي IPE و IPB



شکل ۴: پروفیل‌های IPE و IPB در پایین و پروفیل‌های ناودانی و نبشی در بالا



شکل ۵: پروفیل‌های I شکل و U شکل و L شکل



شکل ۶ : پروفیل‌های I، U و L شکل در کنار و ادوات اتصال در میان



شکل ۷: ادوات اتصال شامل ورقها و نبشیا

### ۳.۳. مرحله سوم: آزمایش در کلاس و نظر سنجی از دانشجویان

مدلهای ساخته شده همراه چند جلسه تدریس درس سازه‌های فولادی ۲ برای دانشجویان مورد استفاده قرار گرفت. برای اینکه نتیجه کار و مفید بودن این اقدام مشخص شود، دانشجویان به دو گروه تقسیم شدند. برای یک گروه به‌عنوان گروه شاهد بدون نشان دادن مدلها تنها تدریس معمولی اتصالات صورت گرفت و برای گروه دیگر همراه تدریس اتصالات فولادی مدلها نیز نشان داده شد. به این گروه فرصت داده شد تا اتصالات را همراه با تدریس نظری و مبانی طراحی به‌صورت عینی انواع اتصالات تیرها و ستونها را از طریق مدلها مشاهده کنند.

در انتها از هر دو دسته سؤالات مشترکی در ارتباط با اتصالات پرسیده شد و نتیجه جوابهای دو گروه به‌طور جداگانه استخراج و با هم مقایسه شد. علاوه بر این، از دانشجویانی که مدلها را رؤیت کرده بودند، سؤالاتی در خصوص ابعاد، اندازه و نقایص مدلها برای بهبود مدلها پرسیده شد.

### تقسیم‌بندی دانشجویان به دو گروه شاهد و نمونه

شایان ذکر است که پیش از آغاز طرح پرسشنامه‌ای در بین دانشجویان که جمعاً ۳۷ نفر بودند، توزیع و در آن از دانشجویان خواسته شد تا به چهار سؤال زیر پاسخ دهند:

۱- نمره درس سازه‌های فولادی ۱ شما چند است؟

۲- نمره معدل دیپلم شما چند است؟

۳- دفعه چندم است که درس سازه‌های فولادی ۲ را انتخاب کرده اید؟

۴- در کدام دوره کارشناسی پیوسته یا ناپیوسته هستید؟

خلاصه‌ی جوابها بدون درج اسم دانشجو در جدول ۱ آمده است. جواب سؤال سوم برای غیر از یک نفر از دانشجویان، دفعه اول بود و لذا، این جواب در تقسیم‌بندی دانشجویان تأثیر داده نشد.

برای تقسیم‌بندی دانشجویان به دو دسته عمدتاً سؤال اول و دوم با امتیاز مساوی ملاک

قرار گرفت و پس از جمع‌بندی نمره فولاد و نمره معدل دیپلم فهرست اسامی دانشجویان بر حسب امتیاز آنان مرتب شد و دانشجویان به دو دسته با امتیازهای تقریباً یکسان تقسیم شدند. به طوری که معدل امتیاز آنان برای گروه شاهد ۲۸/۹۱ و برای گروه نمونه ۲۸/۹۵ به دست آمد. از طرف دیگر، جواب سؤال ۴ برابر ۲۴ نفر کارشناسی پیوسته و ۱۳ نفر کارشناسی ناپیوسته بود که نسبت کارشناسی پیوسته برای گروه شاهد برابر ۶۶/۷ درصد و برای گروه نمونه ۶۳/۲ درصد بود که با توجه به تعداد کل دانشجویان نزدیک‌ترین درصد به همدیگر را دارا هستند. در نتیجه، توزیع دانشجویان کارشناسی پیوسته و ناپیوسته در گروه شاهد و نمونه نیز متعادل است.

هدف از این تقسیم‌بندی این بود که دانشجویان حتی المقدور به دو گروه با بنیه مساوی تقسیم شوند تا تأثیر دیدن و تجربه مدلها در آنها قابل مقایسه باشد.

#### ۴. تدریس با مدل‌های انتخاب شده و نظرسنجی

پس از تقسیم دانشجویان برای گروه نمونه طی سه جلسه درس اتصالات توأم با ارائه مدلها صورت گرفت و طی جلسات اول و دوم مشاهده شد که باید چند قطعه دیگر به کیت افزوده شود که بدین قرار بودند: ورق به ابعاد  $200 \times 60 \times 8$  میلیمتر به تعداد ۸ عدد برای نشان دادن بستهای ستونهای مرکب مشبک.

در پایان سه جلسه، از گروه نمونه و گروه شاهد سؤالات مشترکی به صورت آزمون پرسیده و به دانشجویان توضیح داده شد که این آزمونها نمره ندارد و در کارنامه آنها وارد نمی‌شود. علاوه بر این، از دانشجویانی که مدلها را دیده بودند سؤالات دیگری نیز پرسیده شد که بیشتر در خصوص پیشنهادهای آنها برای بهتر شدن کیفیت کار بود. در ارزیابی جوابهای سؤالات مشترک (پیوست الف) به جوابهای مثبت یک امتیاز تعلق گرفت و به جوابهای منفی امتیازی داده نشد. لذا، نمرات نشان دهنده مجموع جوابهای مثبت دانشجویان به سؤالات هستند که در جدول ۲ ارائه شده‌اند. بررسی این جدول نشان می‌دهد که میانگین امتیاز (پاسخ مثبت) دانشجویانی که مدلها را دیده بودند، برابر  $2/26+$

است و در مقایسه با میانگین امتیاز دانشجویانی که نمونه را ندیده بودند؛ یعنی ۰/۲۹- بیشتر است و این می‌تواند نشان دهنده تأثیر این روش تدریس باشد. شایان ذکر است که از دانشجویان گروه شاهد ۱۷ نفر و گروه نمونه ۱۵ نفر در آزمون شرکت کردند.

علاوه بر این، در سؤالاتی که تنها از دانشجویان بیننده به عمل آمد، احساس رضایت دانشجویان مشهود بود و به‌عنوان نمونه یکی از دانشجویان (با معدل دیپلم ۱۹/۲۵) نوشته است: "امروز یکی از جذاب‌ترین جلسه‌های دانشگاهی‌ام را تجربه کردم که به هیچ وجه با مطالعه و حالت تئوریک قابل مقایسه نبود و بسیار از لطف جناب عالی ممنون و متشکرم. فکرتان عالی بود. خسته نباشید."

بعدها مدلها به گروه اول نیز ارائه و در جلسه مشترکی مدلهای به صورت کیفی به دانشجویان تدریس شد. کثرت سؤالات دانشجویان از گزینه‌های ممکن برای مدرس جالب بود و این روش به طور مشهودی ذهن دانشجویان را باز کرده بود.

جدول ۱: امتیازات دانشجویان

شماره	نمره فولاد ۱	دفعه چندم	کارشناسی پیوسته	کارشناسی ناپیوسته	معدل دیپلم	جمع امتیاز	شاهد	بیننده
۱	۱۷/۵	۱	+		۱۸/۷۵	۳۶/۲۵		+
۲	۱۸	۱		+	۱۷	۳۵	+	
۳	۱۵/۵	۱		+	۱۶/۷۵	۳۴/۲۵		+
۴	۱۸	۱	+		۱۵	۳۳	+	
۵	۱۲/۵	۱	+		۱۹/۲	۳۱/۷	+	
۶	۱۴	۱		+	۱۷/۶	۳۱/۶	+	
۷	۱۵/۵	۱	+		۱۶	۳۱/۵	+	
۸	۱۵/۵	۱		+	۱۵/۷	۳۱/۲	+	
۹	۱۴	۱	+		۱۷	۳۱	+	
۱۰	۱۳	۱	+		۱۷/۵	۳۰/۵	+	
۱۱	۱۶	۱		+	۱۶/۴	۳۰/۴	+	

ادامه جدول ۱

۱۲	۱۴/۵	۱		+	۱۵	۲۹/۵		+
۱۳	۱۵/۵	۱	+		۱۴	۲۹/۵		+
۱۴	۱۵	۱	+		۱۴	۲۹		+
۱۵	۱۵	۱	+		۱۴	۲۹	+	
۱۶	۱۵	۱	+		۱۴	۲۹		+

+		۲۹	۱۴	+		۱	۱۵	۱۷
	+	۲۹	۱۵		+	۱	۱۴	۱۸
	+	۲۹	۱۴/۵		+	۱	۱۴/۵	۱۹
	+	۲۹	۱۴/۵	+		۱	۱۴/۵	۲۰
	+	۲۸/۵	۱۴		+	۱	۱۴/۵	۲۱
	+	۲۸/۳۳	۱۶/۳۳	+		۱	۱۲	۲۲
	+	۲۸/۲۱	۱۸/۲۱		+	۱	۱۰	۲۳
	+	۲۸	۱۶		+	۱	۱۲	۲۴
+		۲۸	۱۴		+	۱	۱۴	۲۵
+		۲۸	۱۵/۲۵	+		۱	۱۲/۷۵	۲۶
+		۲۷/۵	۱۴		+	۱	۱۳/۵	۲۷
+		۲۷/۵	۱۴		+	۱	۱۳/۵	۲۸
	+	۲۷/۲۵	۱۴/۷۵	+		۱	۱۲/۵	۲۹
+		۲۷	۱۴/۵		+	۱	۱۲/۵	۳۰
	+	۲۷	۱۴		+	۱	۱۳	۳۱
+		۲۶/۷۵	۱۵		+	۳	۱۲,۷۵	۳۲
+		۲۶/۵	۱۴/۵	+		۱	۱۲	۳۳
+		۲۵/۵	۱۴/۵	+		۱	۱۱	۳۴
	+	۲۵	۱۴		+	۱	۱۱	۳۵
+		۲۲/۴	۱۲/۴۳		+	۱	۱۰	۳۶
	+	۲۰/۵	۱۳/۰۱		+	۱	۱۱/۵	۳۷
۱۹	۱۸						مجموع نفرات	

جدول ۲: امتیاز دانشجویان از سؤالات پیوست یک

گروه نمونه	گروه	امتیاز
-	۱	-۵
۱	-	-۴
۱	۳	-۳
۱	-	-۲
۱	۵	-۱
۱	۲	صفر
۱	۲	۱
-	۱	۲
۲	۲	۳
۲	۱	۴
۱	-	۵
۱	-	۶
-	-	۷
۱	-	۸
۲	-	۹

۱۵	۱۷	جمع
+۳۴	-۵	جمع امتیازات
+۲/۲۶	-۰/۲۹	میانگین

دانشجویان نمونه در جواب سؤالهای نوع دوم به شرح زیر جواب دادند:  
 دانشجویان در جواب سؤال اول؛ یعنی "چه چیزهای دیگری می‌توان علاوه بر قطعات نشان داده شده به مدل اضافه کرد؟" پیشنهادهای زیر را مطرح کردند: لانه زنبوری، ستونهای مرکب، میلگرد آجدار، انواع الکتروود و اتصالات پیچی که ستونهای مرکب به مدل اضافه شد.

در پاسخ سؤال دوم؛ یعنی "چه ایده‌هایی برای بهتر شدن نتیجه استفاده از مدلها دارید؟" دانشجویان جواب دادند:

الف. بعد از درس هر جلسه نیم ساعت با مدلها کار شود و خیلی تمرین شوند.  
 ب. مدلها به صورت کامل اجرا شوند و سه بعدی نیز وجود داشته باشد.  
 ج. از نحوه سوار کردن مدلها فیلمبرداری شود تا دانشجویان بتوانند بعد از کلاس دوباره آنها را ببینند.

در جواب سؤال سوم؛ یعنی "برای اتصال موقت قطعات به هم چه پیشنهادی به ذهن شما می‌رسد؟" دانشجویان "الف. استفاده از پیچ؛ ب. استفاده از خمیر؛ ج. استفاده از گیره کاغذ را پیشنهاد داده بودند.

در جواب سؤال چهارم؛ یعنی "رنگ مناسب برای ادوات اتصال (ورقها و نشیها و...)" چیست؟" پاسخها بسیار پراکنده و متفرق بود، به طوری که هیچ رنگ مشترکی بین جوابها یافت نشد.

همچنین، در پاسخ سؤال پنجم؛ یعنی "رنگ مناسب برای اعضا چیست؟" رنگ مشترک مشاهده نشد.

در نهایت، در جواب سؤال ششم؛ یعنی "در چه ردیفی و به چه فاصله‌ای از مدلها قرار داشتید، آیا اندازه مدلها مناسب بود؟" با توجه به پاسخهای به دست آمده اندازه مدلها با در



نظر گرفتن ابعاد کلاس (۶\*۸ متر) و تعداد دانشجویان که در فواصل یک تا سه متری نشسته بودند، خوب و مناسب تشخیص داده شد.

#### ۵. نتیجه گیری و پیشنهادها

۱. تدریس درس سازه‌های فولادی به صورت صرفاً نظری و به صورت دو بعدی بر روی تخته سیاه برآورنده اهداف مدرسان و برنامه‌ریزان آموزشی نیست و حس لازم و درک کافی از اتصالات را در دانشجویان ایجاد نمی‌کند.
۲. نرم افزارهای خاص طراحی دیتایلها و نیز نمایشهای سه بعدی نرم افزاری اتصالات نیز چون بر روی صفحه کاغذ یا نمایشگر رایانه در نهایت دو بعدی هستند، بر آورنده کامل نیازهای آموزشی نیست.
۳. ساخت مدل آموزشی اتصالات فولادی (به صورت کیت) راه حل مناسبی به نظر می‌رسد که طی آن می‌توان با داشتن اجزای مختلف اتصالات و با چیدن آنها در کنار هم به نمایش سه بعدی اتصالات به دانشجویان پرداخت.
۴. آزمایش استفاده از مدل‌های ساخته شده در این تحقیق نتایج مثبتی به دست داد، به طوری که علاوه بر تسهیل تدریس اتصالات، دانشجویان از کاربرد مدلها در کلاس استقبال و با شوق بیشتری در کلاسها شرکت کردند.
۵. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شد، این کیت در ایجاد قدرت تجسم از اتصالات نیز مفید واقع شد.
۶. این کیت به صورت نمونه اولیه و موردی ساخته شده است و باید با مصالح مناسب به صورت با دوام تر و انبوه ساخته شود تا مورد استفاده دانشجویان دانشگاههای دیگر قرار گیرد.
۷. در صورت تولید انبوه این کیت می‌تواند به عنوان مدل‌های نمایشی توسط شرکت‌های مشاوره و پیمانکاران و نیز محققان و طراحان مورد استفاده قرار گیرد.

### تشکر و قدردانی

این تحقیق با همکاری‌های صمیمانه و تأمین اعتبار معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی خوی انجام گرفته است. لذا، نگارنده وظیفه خود می‌داند که تشکر خود را از مسئولان دانشگاه آزاد اسلامی خوی و همچنین، از دانشجویان درس سازه‌های فولادی ۲ این دانشگاه در سال تحصیلی ۸۵-۸۴ اعلام دارد. همین‌طور از استاد رضا نجار که در ساخت مدلها دقت فراوانی به خرج داد، تشکر می‌شود.

### مراجع

- 1- [www.aisc.org/contents/contentsGroups/Engineering\\_and\\_Research/Engineering\\_and\\_Research2/Teaching\\_Guide.pdf](http://www.aisc.org/contents/contentsGroups/Engineering_and_Research/Engineering_and_Research2/Teaching_Guide.pdf), "Connections Teaching Toolkit", American Institute of Steel Construction.
- 2- [www.aisc.org/MSCTemplate.cfm](http://www.aisc.org/MSCTemplate.cfm), "Architecturally Exposed Structural Steel", Modern Steel Construction, May 2003.
- 3- Motro, R., "Teaching of Space Structures with Initial Stresses", International Journal of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2&3, 2002.
- 4- Schmidt, L.C., "Teaching Aspects of Space Structures", International Journal Of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2&3, 2002.
- 5- Dombernowsky, P., "Student Workshop- Structures of Le Ricolais", International Journal Of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2&3, 2002.
- 6- Popovic, O., Davion, J.B., & Tyas, A., "Teaching Architecture and Engineering Students Jointly at Sheffield University", International Journal Of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2&3, 2002.
- 7- Linkwitz, K., "Experience from a Course on Formfinding and Analysis of Tension Structures", International Journal of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2&3, 2002.
- 8- Mollaert, F., "Teaching Tension Structures", International Journal Of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2&3, 2002.
- 9- Montero, F., & Gonzalez, M.D., "Teaching of Light Structures in the Universidad Metropolitana in Mexico", International Journal of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2&3, 2002.
- 10- Lewis, W. & Chilton, J.C., "Studying Form- Innovation in Structural Engineering Education", International Journal of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2&3, 2002.
- 11- Chassagnoux, A., Dudon, M., & Aubry, D., "Teaching of Morphology", International Journal of Space Structures, Vol. 17, Nos. 2 & 3, 2002.

ارژنگ صادقی ۵۳

۱۲- دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، " راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی"، وزارت مسکن و شهرسازی، خرداد ۱۳۷۶.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۵/۷/۱۲)

(تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۱۲/۷)

پیوست یک - فرم سؤالات مفهومی برای دانشجویانی که مدلها را دیده بودند.

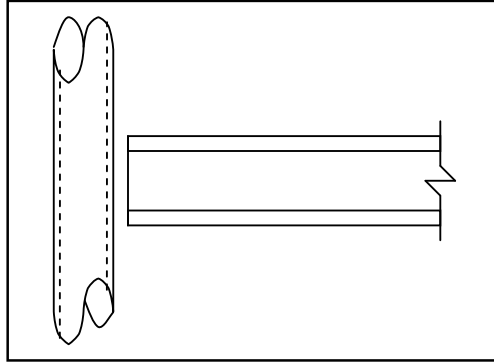
۸۵/۲/۵

فولاد ۲

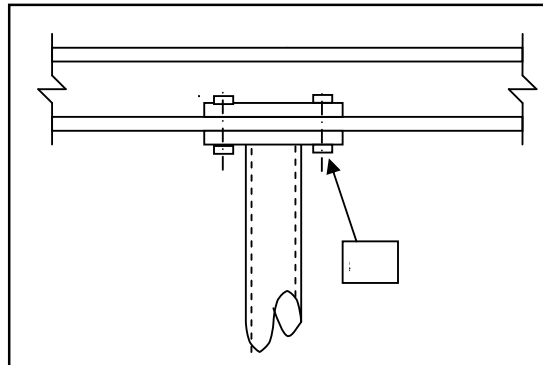
نام و نام خانوادگی

---

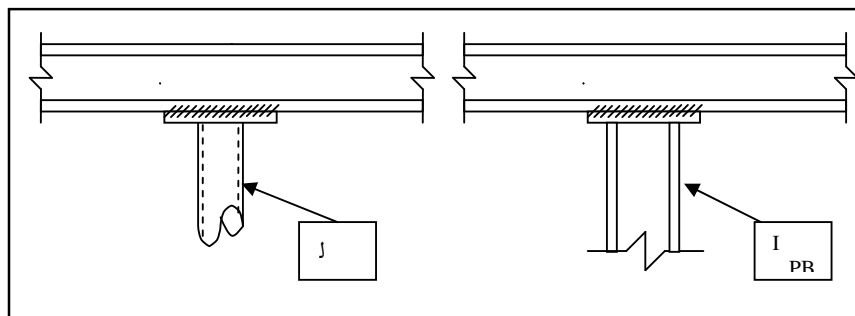
۱- اتصال ساده مناسبی برای انتقال بار تیر IPE به ستون لوله‌ای طراحی کنید.



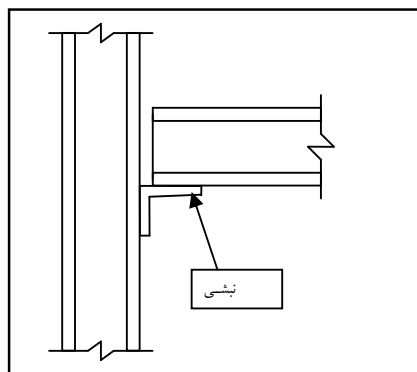
- ۲- برای اتصال گیردار یک تیر به انتهای یک ستون ، کدام حالت مناسب تر است؟  
۳- اتصال تیر به ستون زیر چه نوع اتصالی است؟



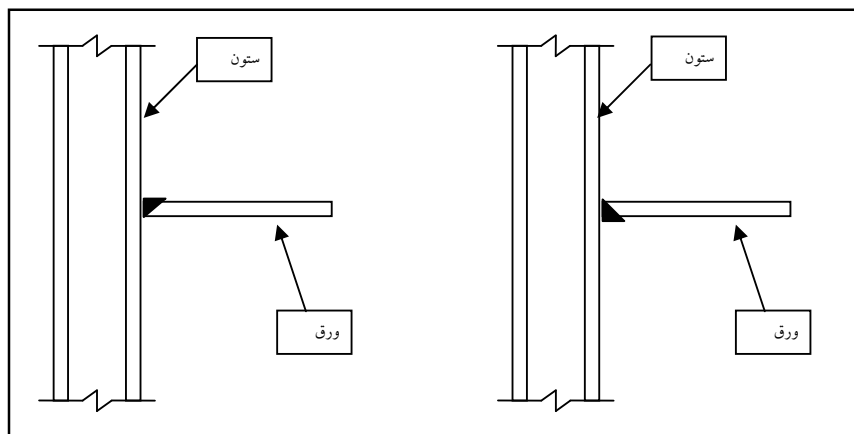
- ۴- در صورتی که اتصال یک تیر به یک ستون به صورت زیر باشد، ورق تقویت خمیلی برای جلوگیری از لهیدگی جان تیر را در چه موقعیتهایی پیشنهاد می کنید.



۵- در اتصال ساده زیر مورد ناقص را تکمیل کنید.



۶- کدام یک از حالات زیر جوش نفوذی یا نیمه نفوذی محسوب می شود؟



- ۷- اگر ادوات اتصال، ورقها و نبشیهای لازم برای اتصال تیر و ستون باشند، آیا هیچ راهی به نظر شما می‌رسد که در یک اتصال ساده از ادوات اتصال استفاده نشود. در صورت مثبت بودن جواب، ایده‌های خود را در روی کاغذ ترسیم کنید.
- ۸- بال کدام یک از پروفیل‌های I، U و IPB ضخیم تر است؟ جان کدام یک از پروفیل‌های I، U و IPB نازک تر است؟