بسم الله الرحمن الرحیم

برای شرکت در دوره های آموزشی حضوری و آنلاین ، تهیه فیلم ها و جزوات برتر عمرانی به وبسایت گروه مهندسی سبزسازه مراجعه نمایید و از بهترین ها لذت ببرید.

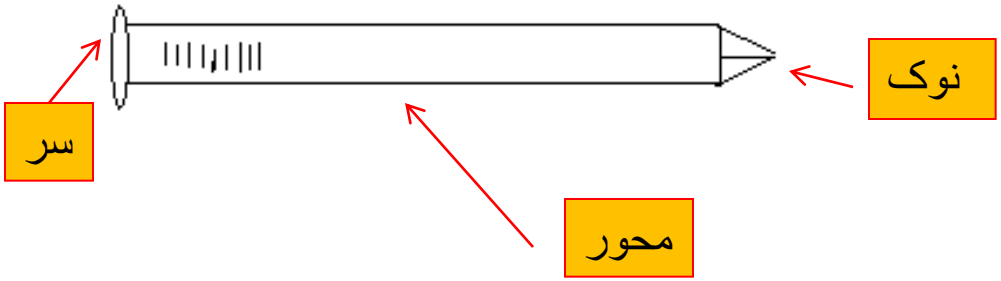
اتصال به هم بسته

البته در برگيرنده تمام ادواتي است كه براي اين منظور به كار مي رود.
وصله اتصال تخته چند لا، دوبل چوبي(پين)، بلوک گوشه ومهار بند نيز جزو اتصال دهنده نام برده مي شود.
ولي در ادبيات امروزي نوع فلزي بيشتر به عنوان اتصال دهنده به شمار مي رود.

استفاده از چكش هاي پنوماتيكي و پيچ گوشتي برقي بر وسعت استفاده از اتصال دهنده هاي فلزي افزود.

میخ

متداول ترین اتصال دهنده مکانیکي



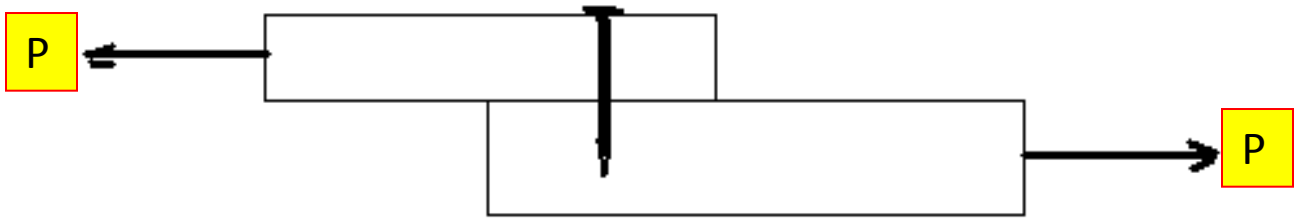
عوامل موثر در استحکام اتصال با میخ

۱- تعداد، اندازه و نوع میخ ۲- گونه چوب
۳-نوع بار وارده بر اتصال(انفصالي و جانبي)
۴-جهت کوبیدن میخ (عمود یا موازي الیاف یا پاشنه اي)
۵-رطوبت اعضاي اتصال در هنگام و بعد از ساخت
۶-مدت اعمال بار
۷-فاصله بین میخ ها

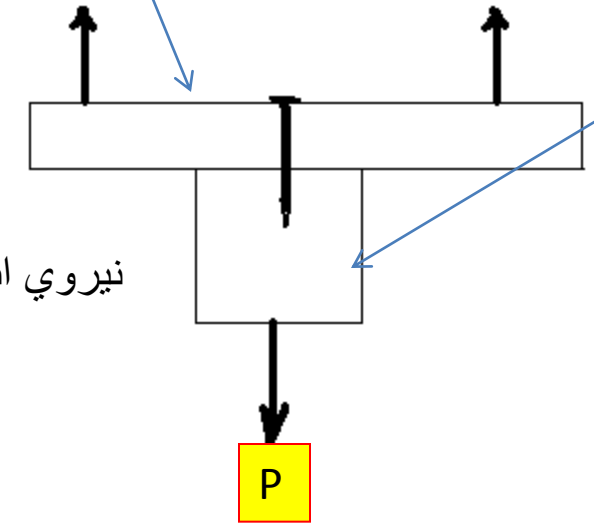
به ميخ در محل اتصال دو نيرو فوق
يا تركيبي از هر دو وارد مي شود

عضو فرعي

نيروي برشي (جانبي)



عضو اصلي(عضوي كه
نوک ميخ در آن است)



مقدار نيروي انفصالي

نوع گونه

نوع ميخ

نوسان رطوبت اعضا

نيروي انفصالي

موازي با محور ميخ وارد مي شود

تابع

دانسيته چوب، قطر ميخ، طول نفوذ ميخ در عضو اصلي و
تا اندازه اي وضعيت سطح ميخ (صاف، شيار دار يا رزوه دار)

$W=98\ (G^{2.5})\times D$

قطر ميخ

دانسيته چوب

نيروي انفصالي بر حسب كيلوگرم به ازاي هر سانتيمتر نفوذ در عضو اصلي

فورمول براي : ميخ معمولي عمود بر الياف چوب خشک يا چوب تري که بعد از اتصال تر بماند کوبيده شود.

ميخ در گونه سنگين نيروي انفصال بيشتري در مقايسه با گونه سبک دارد.
قاعده عام: گونه با دانسيته بالا با نفوذ ميخ مستعد ترک خوردن هستند گونه سبک به سهولت ترک نمي خورد.
براي افزايش استحکام اتصال در گونه سبک
مي توان قطر و طول ميخ بزرگتر و تعداد ميخ بيشتر کرد.

اثر رطوبت چوب

در چوب تر تمام گونه ها نيروي انفصال ميخ به شرطي که رطوبت چوب در آن کاهش نيابد تقريبا برابرهمين استحکام در چوب خشک است.
نيروي انفصال در چوبي که رطوبت نوسان کند ممکن است تا ۲۵ درصد کاهش يابد.
خوردگي ميخ در نتيجه تغييررطوبت و گذشت زمان نيز نيروي انفصال را کاهش مي دهد.
در چوب خشک با رطوبت ثابت نيروي انفصال با گذشت زمان در اثر وا رفتن الياف چوب در اطراف محور آن، نزول مي کند.

اثر فورم فيزيكي محور

سطح ميخ را شياردار، رزوه دار، اندود داده مي كنند تا نيروي انفصال را افزايش دهند.
لايه نازک روغن روي ميخ (در هنگام توليد مي ماند) اثر منفي بر نيروي انفصال دارد.

۱-تغيير سطح محور ميخ

سطح محور ميخ را با تركيبي از رزين اندود مي كنند تا نيروي انفصال زياد شود. در چوب سخت و متراكم اين اندود در هنگام كوبيدن از سطح ميخ جدا مي شود.

۲-تغيير شكل

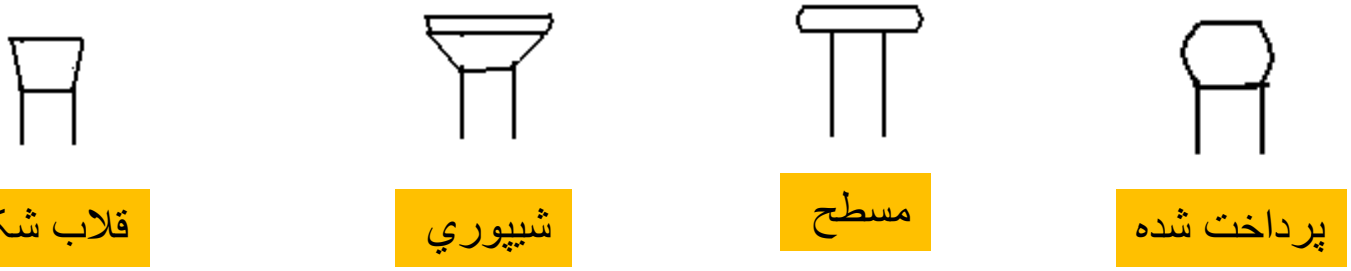
براي افزايش نيروي انفصال روي ميخ شيار يا رزوه مارپيچي مي دهند تا ۴۰ درصد نسبت به حالت معمولي افزايش مي دهد.
در چوبي كه پس از كوبيدن ميخ رطوبت نوسان كند
مقدار نيروي انفصال ۴ برابر بيش از ميخ معمولي است.

۳-نوک میخ

محور صاف ميخ منتهي به نوک تيز و بلند در چوب نرم
نيروي انفصال بيشتر از ميخ سيمي معمولي با نوک ۵ پهلو است.
اثر منفي نوک تيز ميخ در برخي از گونه هاي چوب تشديد ترک در محل اتصال
است. نوک پخ و بدون باريک شوندگي ميخ، چوب را زخمي مي سازد و نيروي انفصال آن هم چندان زياد نيست. نوک باريک شونده و پخ ميخ، ترک چوب را در محل اتصال کاهش مي دهد و در چوب سنگين همان نيروي انفصال معمول را دارد ولي در چوب های سبک ضعيف عمل مي کند.

۴-سر میخ

شکل های گرد، مسطح، بيضوي، خزينه دار و پهن دارد.
همه گونه سر ميخ، غير از پهن باريک و خزينه دار استحکام کافي بيرون کشيدن از چوب دارند. سر خزينه دار و پهن ميخ پس از کوبيدن، پايين تر از سطح چوب واقع مي شوند.
در اين حالت نيروي انفصالي کاهش مي يابد.
در ميخ هاي نوع سيمي، ضخامت و قطر سر ميخ با ازدياد اندازه ميخ افزايش مي يابد.
کاربرد چکش پنوماتيک شکل سر ميخ را عوض کرده است، مثل نوع T



چند نمونه سر میخ

۵-خوردگي و باختگي

محيط مرطوب فلز ميخ استعداد خوردگي پيدا مي كند،
در تماس با مواد اشباعي چوب نيز اين اتفاق مي افتد.
ميخ را از آلياژ مناسب مي سازند. ميخ مسي و سيليكون برنز يا فولاد ۳۰۴ و ۳۱۶ در چوب تيمار شده آرسنات آمونياكي مس، آرسنات كروماتي مس و مواد كند سوز كننده نتيجه خوبي دارد.
ميخ با مواد استخراجي بعضي گونه ها واكنش مي دهد و رنگش تغيير ميكند.
اگر باختگي ميخ مهم است بايد از فولاد يا آلومينيوم ويا گالوانيزه انتخاب شود. مطالعه نشان داد نيروي انفصالي ميخ مسي و آلياژي از ميخ سيمي بيشتر است.

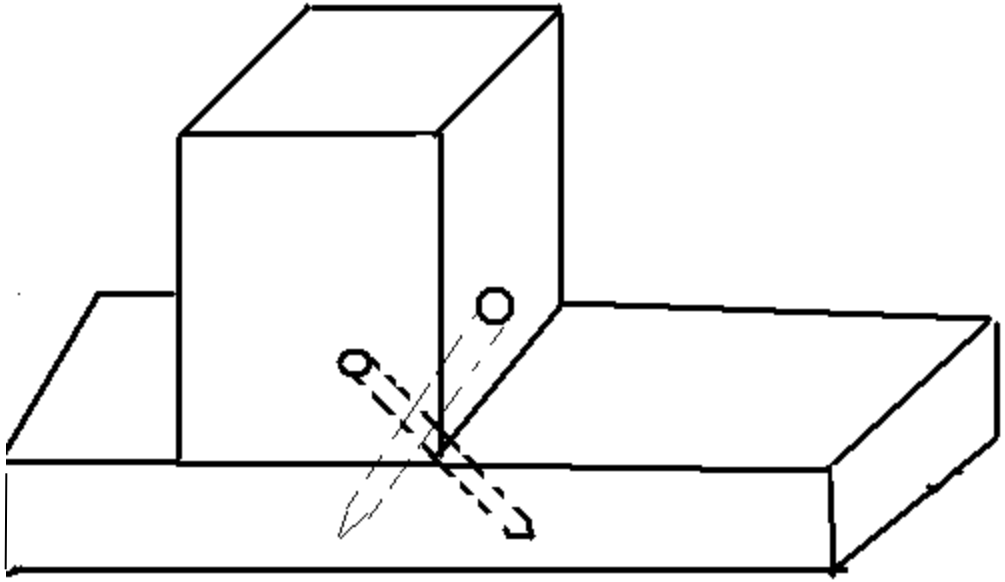
جهت کوبیدن میخ نسبت به الیاف

نیروي انفصال میخ وقتي عمود بر الیاف چوب کوبیده شود

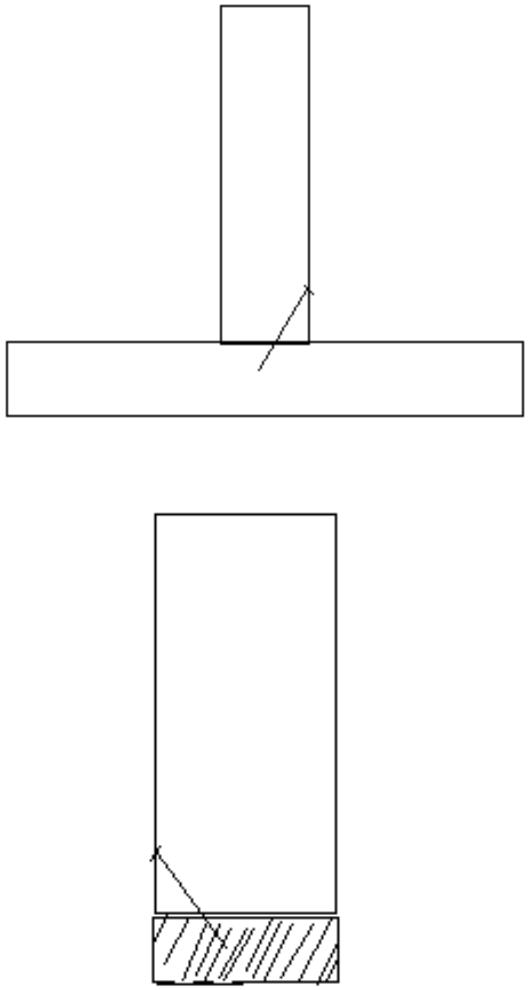
درجهت موازي الیاف چوب نیروي انفصالي در چوب نرم ۰/۷۵ و ۰/۵مقاومت در راستاي عمود بر الیاف

در چوب سنگین تفاوت دو جهت عمود و موازي کم تر است

تفاوت دو جهت در آزموني که بلافاصله بعد از کوبیدن و یا با گذشت زمان متفاوت است



ميخ كوبي پاشنه اي (متقاطع)



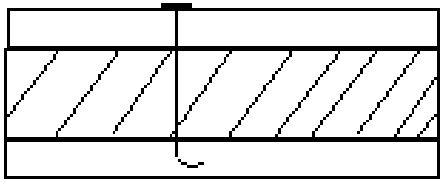
ميخ كوبي پاشنه اي (يک طرفه)

کوبیدن میخ در حالت پاشنه اي نسبت به حالت موازي مقاومت بيشتري دارد ايجاد مي كند.
اين ترتيب كوبيدن را درودگران مجرب خوب می دانند.

در چه صورت كوبيدن پاشنه اي مقاومت بيشتري دارد؟
اندازه بزرگتر ميخ (به شرطي كه اعضاي اتصال را نتراكند)
رعايت فاصله تا انتهاي عضواصلي(تا ۰/۳۳ طول ميخ)
كوبيدن ميخ با زاويه ۳۰ درجه(نسبت به محورعضو اصلي)
نفوذ تمام طول ميخ (بدون زخمي كردن چوب)

كوبيدن ميخ در سوراخ از پيش مته شده در جلوگيري از ترک خوردن چوب مفيد است
و سبب كاهش نيروي انفصال ميخ نمي شود

پرچ میخ



تعريف : مقدار اضافي طول ميخ پس از عبور از عضو اصلي
به طرف همين عضو خم مي شود(در جهت موازي يا عمود بر الياف)
در صورت ممكن در خود چوب نفوذ داده مي شود.
نيروي انفصال ميخ با محور صاف در صورت پرچ شدن بيش از ميخ پرچ نشده است

نسبت مقاومت پرچ شده و نشده به گونه، رطوبت چوب، اندازه ميخ، جهت پرچ (موازي يا عمود الياف)متغير است.

رطوبت چوب : در چوب تر يا خشک ۴۵ تا ۱۷۰% بر نيروي انفصال مي افزايد.
اگر اندازه گيري بلافاصله صورت گيرد.
چوب تر بعد از پرچ كردن خشک شود تا۲۵۰% افزايش
ولي مخاطرات ترک وتابيدن نتيجه را عكس ميكند

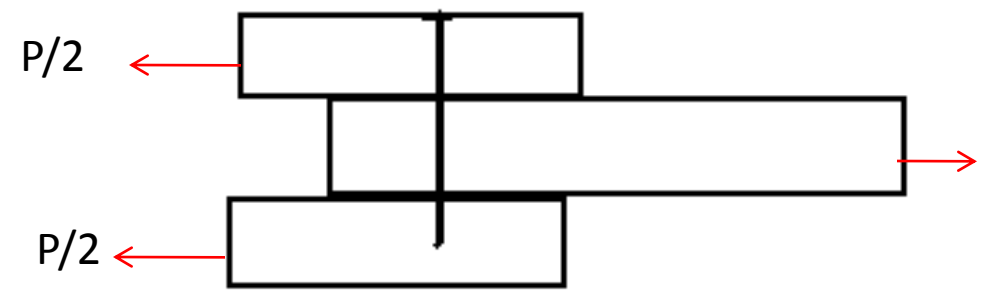
پرچ كردن در جهت عمود بر الياف ۲۰% نسبت به موازي الياف افزايش مي دهد.

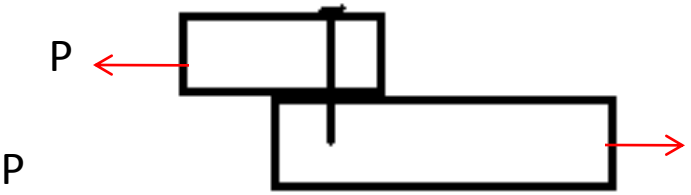
اتصال با تخته لايي

خصوصيات تخته چند لا نسبت به چوب ماسيو در مورد نيروي انفصال تفاوت چنداني ندارد، اگر از يک گونه باشد.
تخته چند لا در ترک خوردن در لبه نسبت به چوب ماسيو مقاوم تر است.
جهت الياف لايه رويي تاثير مشهودي در نيروي انفصال ميخ معمولي ندارد
ولي با ميخ منگنه و ميخ سرT شکل اين تفاوت قابل ملاحظه است.

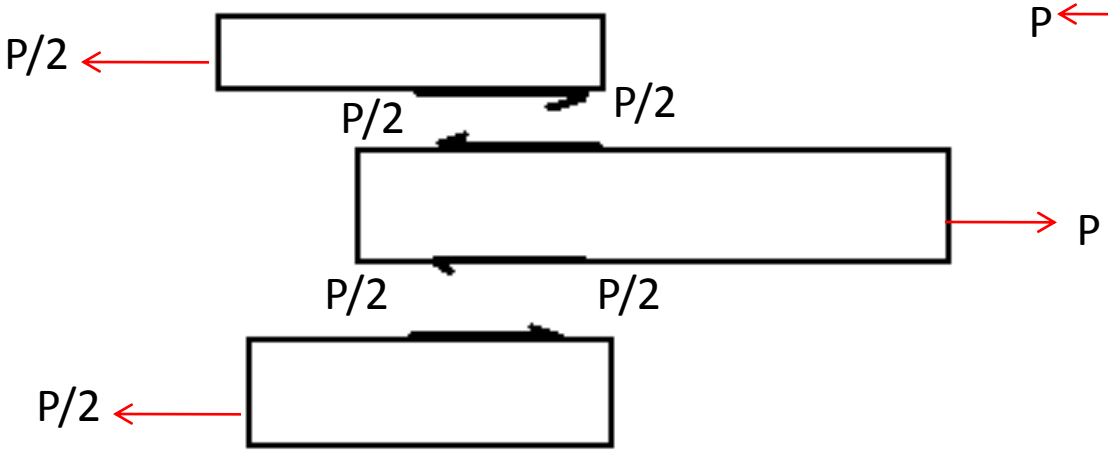
در اتصال مشابه با ضخامت يکسان تفاوت تخته چند لا و چوب ماسيو ۱۵ تا ۳۰ درصد کمتر است. (علت؟ در هم آميختگي نا يکنواخت تر الياف در تخته لايي نسبت به چوب ماسيو است)
در تخته لايي کمتر از ۱۲ /۵ ميليمتر پتانسيل ترک نخوردن در هنگام نفوذ ميخ جبران ضعف نيروی انفصال را در مقايسه با چوب ماسيو می نمايد. نيروی انفصال ميخ در تخته چند لا به ازای واحد طول نفوذ، با افزايش تعدادلايه ها به ازای واحد طول تقليل می يابد

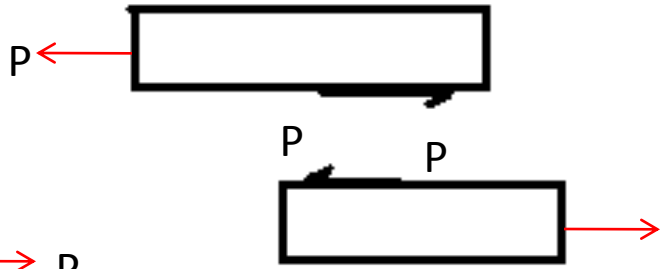
نيروي برشي





اتصال با یک صفحه برش





اتصال با دو صفحه برش

فرمل بندی تجربی تعیین ظرفیت نگهداری اتصال دهنده تحت بار برشی
از نتایج آزمایش های ۱۹۳۰ در آزمایشگاه FPL برحسب مقاومت حد تناسب تدوین شده بودند.

در این فورمولها قطر و طول اتصال دهنده متغیر اصلي بودند و عوامل فرعي موثر بر حسب مورد وجود داشت.
در ۱۹۴۰ در اروپا تحلیل اتصال بر حسب حد تسلیم اجزا یا عناصر اتصال توسعه یافت.
در ۱۹۸۰ تئوري حد تسليم مورد قبول واقع شد. تئوري حد جاري شدن يا تسليم شدن مناسب تحليل اتصالات چوبي مي باشد.
بر اساس اين تئوري اتفاق مد هاي مختلف تسليم تحليل مي شود و كوچک ترين مقدار نيرو يا ظرفيت نگهداري، حد تسليم شدن لحاظ مي گردد.

تحليل بر حسب حد تسليم داراي معايب و محاسني است:

تحليل رياضي اتصال با هر شكل فيزيكی، امتياز عمده است.

چون طراح محدود به شكل های فيزيكی و كاربرد مقادير جدول تدوين شده نيست.

در اين مدل استحكام اتصال دهنده هاي مختلف را مي توان لحاظ كرد

در حالي كه در فورمول تجربي فقط مربوط به اتصال دهنده خاصي است. امكان به كاربردن ظرفيت تسليم اتصال دهنده

در تحليل اتصال امتياز ديگر آن است. بنابراين امكان ارزيابي اتصال از چوب گونه هاي مختلف يا اتصال بين چوب و

ديگر مصالح ممكن است.

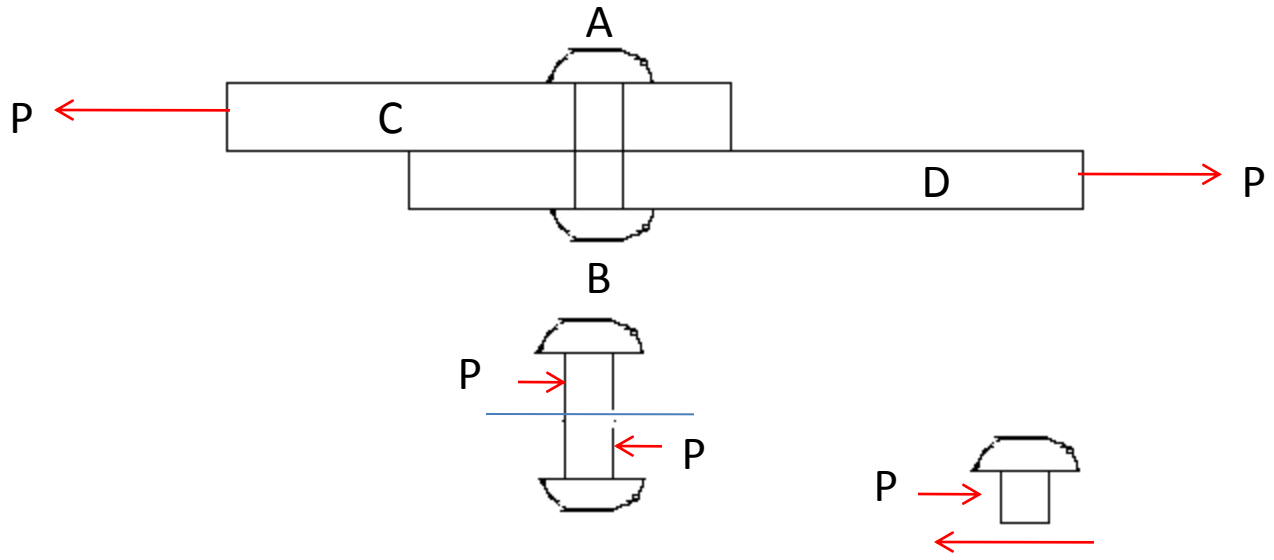
اما به كاربردن تئوری حد تسليم به معادلات دست و پاگير ايجاد مي شود و تعداد معادلات بر حسب نوع اتصال دهنده (ميخ يا پيچ)

و تعداد صفحه برش متغير خواهد بود.

كاربرد مدل مستلزم لحاظ كردن چند مد ممكن مي باشد. حل دستی معادلات وقت گير است ولی قابل تبديل به برنامه محاسباتی است.

تنش تکيه گاهي يا Bearing Stress

پين و پيچ و پين پرچ در محل اتصال در سطح تماسشان (تکيه گاه) با اعضاي اتصال تنش ايجاد مي کنند. اتصال از Cو D با پين پرچ AB درست شده است.
داراي يک سطح برش است. نيروي F برآيند نيروهاي وارد بر سطح داخل نيم استوانه ايست به قطرD و طول t يا سطح تصويرپين روي عضو E

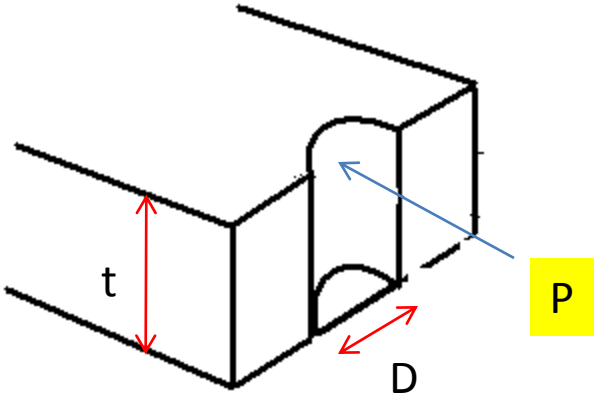


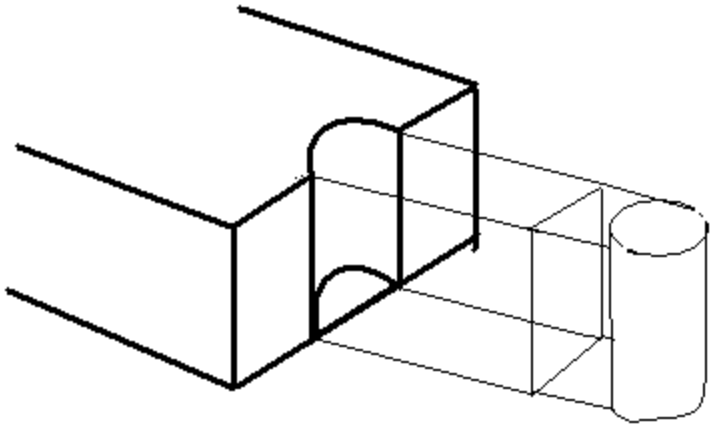
$T_{av}= 4F/\pi D^2$

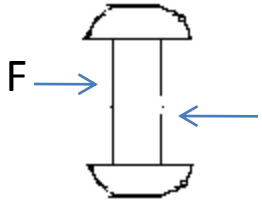
تنش برشي متوسط بر پين

$F_e=F/tD$

تنش تکيه گاهي





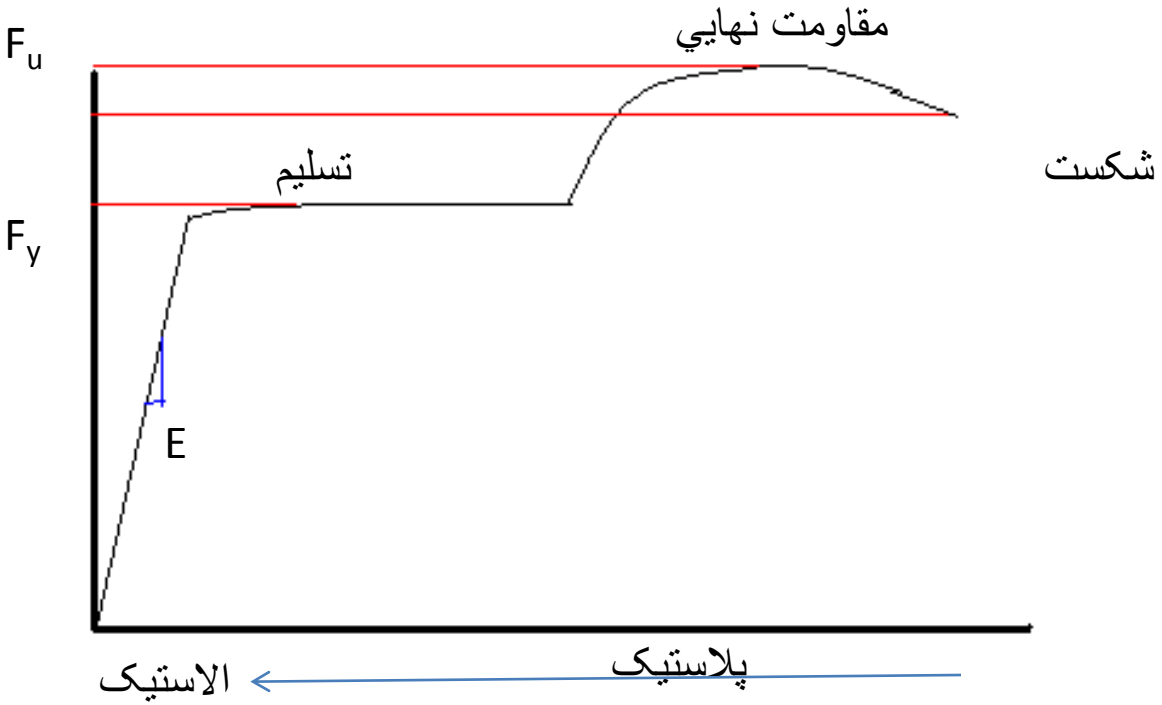


مقاومت تکیه گاه پین یا Dowel Bearing strenght در ادبیات مدل حد تسلیم به کار مي رود.

اتصال دهنده هایی مثل میخ و پیچ چوب و پیچ سرمهرهای در اتصالات روی اعضای چوبی وضع کاملا منطبق برپین پرچ ندارند ولی از واژگان مربوطه استفاده می شود.

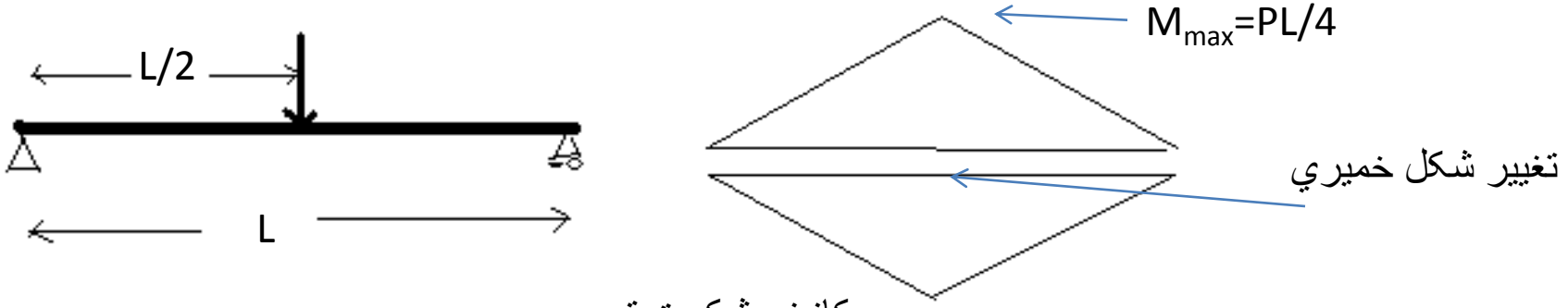
تغییر شکل خمیري در اتصال دهنده

مقاومت تکیه گاه پیني شاخص مقاومت عضو چوبي در اتصال است.
علاوه بر این مقاومت اتصال دهنده فلزي مي تواند روي مکانیزم حد تسلیم اتصال تاثیر گذار باشد.



مد تسلیم در اتصال دهنده
به تشکیل یک یا چد تغییر شکل خمیری موضعی که به اصطلاح plastic hinge معروف است مربوط می باشد.
در دماي معمولي فولاد ساختماني رفتار تغییر شکل پذیر دارد(Ductile) یعني قبل از شکست مقدار زیاد تغییر شکل دارد.
تغییر شکل خمیري در بررسي دیاگرام تنش خمشي ماده زیر بار مشخص است. قسمت مایل به افقی به نوع فولاد وابسته است. توان فولاد در تحمل تغییر شکل بدون شکست برای تشکیل تغییر مکان موضعی خمیری لازم است.

اگر خمش تیر ساده ای را زیر بار متمرکز در وسط دهانه در نظر بگیریم. با این فرض که حایل جانبی مانع کمانش تیر می شود.
با افزایش بار تنش خمشي در تير رو به فزوني مي گيرد و به F_y يا حد تسليم نزديک مي شود.
پوسته لبه بالا و پايين تير زودتر به F_y ميرسد. مسلما تير نمي شکند چون در بيشتر نقاط هنوز به F_y نرسيد
پس تير مي تواند همچنان بار را تحمل کند. تا همه نقاط به حد تسليم برسد. يعنی تير به رفتار تغيير شکل پذير خود ادامه می دهد تا تنش در تمام نقاط به حد تسليم برسد. تغيير شکل پوسته لبه بالا و پايين تير در فاصله کوتاهی از طول آن رخ می دهد و در دو طرف اين محل تير نسبتا مستقيم باقی می ماند. اين رفتار تير تفکر تغيير شکل موضعی را مطرح می سازد. تغيير شکل خميری به توزيع اين شکل تنش در تير مربوط می شود. که در تمام قسمت های مقطع عرضی تير به تنش تسليم برسد.



مکانيزم شکست تير

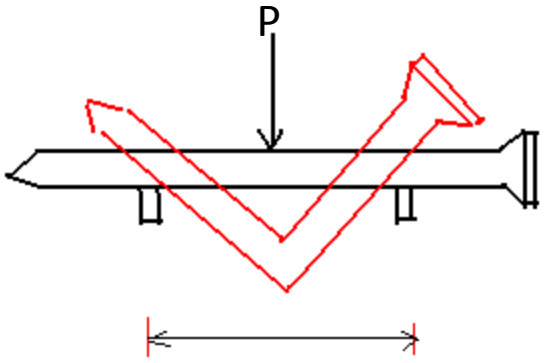
برای تغییر شکل خمیري که حالت لولا را دارد، تعریفي بیان شده است"جا یا جزیي که لنگر را انتقال نمي دهد اما لنگر مربوط به خود دارد ". اما تغییر شکل خمیري لنگر مربوط به خود را در مقطع تیر دارد یا بوجود می آورد (M_p).

وقتي لنگر به M_p در محل حداکثر لنگر برسد عضو دیگر قادر به تحمل لنگر بیشتر نیست پس تغییر شکل خمیري موضعي مانند لولا عمل مي کند.

متغیري از مقطع که تعیین کننده ظرفیت لنگر خمیري عضو سازه است به مدول اینرسي خمیري یا Z معروف است $M_p=Zf_y$ این رابطه مشابه $M_y=SF_y$ در نقطه تسلیم است.

مکانیزم شکست در یک تیر فلزی حالتی از آن است که دیگر قادر به تحمل بار نیست و در آن تغییر مکان زیادی اتفاق افتاده است. مکانیزم شکست در یک عضو باربر سازه ای به بار فرو ریزاننده یا شکننده مربوط است.

مکانیزم شکست در یک تیر فلزي حالتي است که دیگر قادر به ادامه تحمل بار نیست و در آن تغییر مکان زیاد اتفاق افتاده است. روش تحلیل سازه که به تعیین مکانیزم شکست مي پردازد به تحلیل خمیري سازه معروف است.
در این روش به سازه داراي ایستایي چند تغییر شکل خمیري(لولا) اضافه مي شود تا شکست فورم بگیرد.
فورم ابتدایي مکانیزم شکست تیري فولادي است با سه لولا روي یک خط. وقتي این حالت اتفاق افتد سازه بدون ثبات است.
یکي از اهداف این تحلیل تعیین بار شکست یا Pu که کمتري مقدار بار عامل توسعه شکست است.
تشکیل تغییر شکل موضعی (لولا) که منجر به شکست عضو تیری می شود به وضعیت تکیه گاهی تیروابسته است و بر حسب مورد تشکیل بیش از یک لولا برای شروع و توسعه شکست لازم خواهد بود.
البته بین رفتار تیر فلزي و اتصال دهنده پیني در روي اتصال چوب تفاوت است. یک تفاوت اینست که مکانیزم شکست اتصال روي چوب با اتصال روي تیر فلزي یکسان نیست. رفتار اتصال دهنده پیني پیچیده تر است. به علاوه اتصال چوب ظرفیت ذخیره ای دارد و بنا بر این اصطلاح حد تسلیم در مورد اتصالات روی چوب کاربرد دارد و به بار شکست ربطی ندارد.



تغییر شکل خمیري در میخ

اتصال دهنده هاي پيني مثل ميخ و پيچ از فلزي تغييرشكل پذير كه استعداد يک يا چند تغييرشكل خميري موضعي (لولا)
را در اتصال روي چوب دارند و اگر شرايط مهيا شود استعداد خود را بروز مي دهند.
تعدادی فورمول مدل تسلیم در منابع برای تعیین ظرفیت بار مکانیزم تسلیم است. بعضی مکانیزم ها به له شدن الیاف چوبی
(تنش از مقاومت تکیه گاهی پینی بالاتر است) مربوط می شود و برخی دیگر نتایج تغییر شکل خمیری اتصال دهنده و توام با له شدن الیاف چوب ارتباط دارد.
طراح نیاز به اشتقاق فرمول های تسلیم ندارد ولی شناخت از مد های شکست برای وی مهم است.
خصوصا مدهای تسلیم تغییر شکل پذیری که از تشکیل تغییر شکل های خمیری در اتصال دهنده ها ناشی می شود (مانند مد III و IV) برای مقاومت در مقابل زلزله و بار های دینامیکی دیگر ترجیح دارد.

بعضي از مدل تسليم به له شدن الياف چوب (تنش از مقاومت تكيه گاه پيني بيشتر است) مربوط است يا نتيجه تغيير خميري اتصال دهنده و توام با له شدن الياف ارتباط دارد.

مدهاي حد تسليم

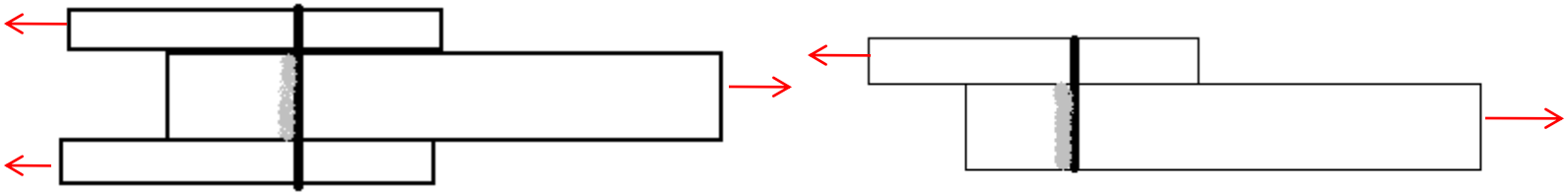
مد I- شكست پيني زير تنش تكيه گاهي يكنواخت

تنش تسليم در اين مد يكنواخت است چون اتصال دهنده نمي چرخد و يا خم نمي گردد.

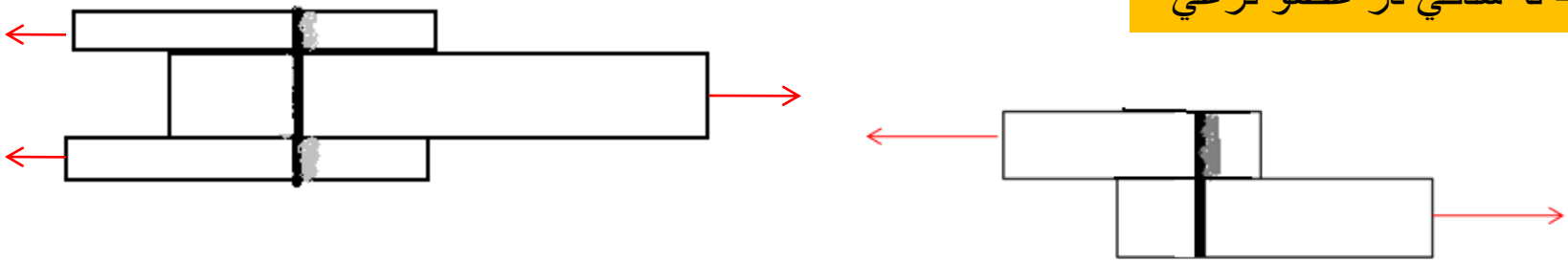
اين تنش از حد مقاومت تكيه گاه پينی چوب عضو اتصال بيشتر است. پس مد I به دو دسته تقسيم ميگردد

مد I_m تنش از مقاومت تكيه گاه پيني عضو اصلي اتصال تجاوز نمايد. مد I_s كه اين اتفاق در عضو فرعي می افتد.

مد l_m له شدگي در عضو اصلي



مد l_s- له شدگي در عضو فرعي



نیاز به جستجو برای l_m و l_s از آنجا ناشی می گردد که ضخامت و مقاومت تکیه گاهی پینی اعضای اصلی و فرعی با هم فرق می کند. بنا بر این می تواند مقدار t_mF_{em} و t_sF_{es} با هم مساوی نباشند. چون در هر اتصال می تواند از گونه ها و نیز زاویه جهت بار و الیاف متفاوت استفاده کرد.

اگر در اتصالی عضو فرعی فلزی باشد مد l_s اعمال نمی شود.

مد II چرخش اتصال دهنده

مد II- شكست پيني زير تنش تكيه گاهي نايكنواخت

در اين حالت نيز تنش از مقاومت تكيه گاهي پيني متجاوز است. اتصال دهنده مستقيم مي ماند اما چرخش صلب به آن دست مي دهد. اين چرخش تنش تكيه پيني را غير يكنواخت مي سازد و نايكنواختي الياف چوب را در سطوح بيروني عضاي اتصال مي تواند له كند. اين اتفاق در اتصال سه عضوي روي نمي دهد.

مد III تغییر شکل موضعي خميري نزديک هر صفحه برش

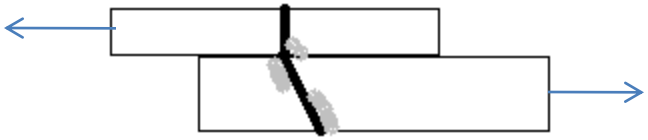
در اين حالت اتصال دهنده (پين) خم مي شود و يک تغيير شکل خميري موضعي در آن بوجود مي آيد

در اتصال دو عضوي تغيير شکل خميري نزديک صفحه برش در عضو فرعي يا عضو اصلي اتفاق

مي افتد. دو معادله وجود دارد و به صورت III_m و III_s طبقه بندي مي شود.

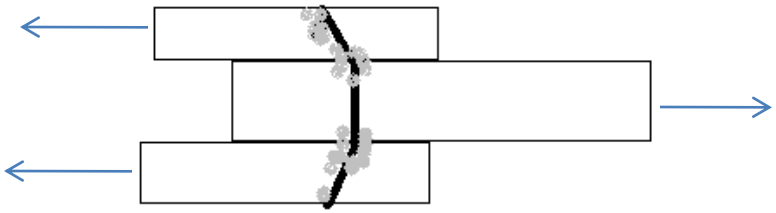
اگر تغيير شکل خميري در اتصال دهنده در يک عضو اتفاق افتد له شدن چوب در عضو ديگر اتفاق مي افتد.

III_m مربوط به حالتي است که تنش تکيه گاهي از مقاومت تکيه گاه پيني عضو اصلي بيشتر و III_s له شدن الياف چوب در عضو فرعي است.در اتصال سه عضوي دو تغيير شکل خميري در اتصال دهنده بوجود مي آيد يکي نزديک هر صفحه برش و با له شدن الياف در عضو فرعي که مکانيزم III_s را دارد و III_m در اتصال سه عضوی اتفاق نمي افتد.



تغيير شکل خميري و له شدگي در عضو اصلي

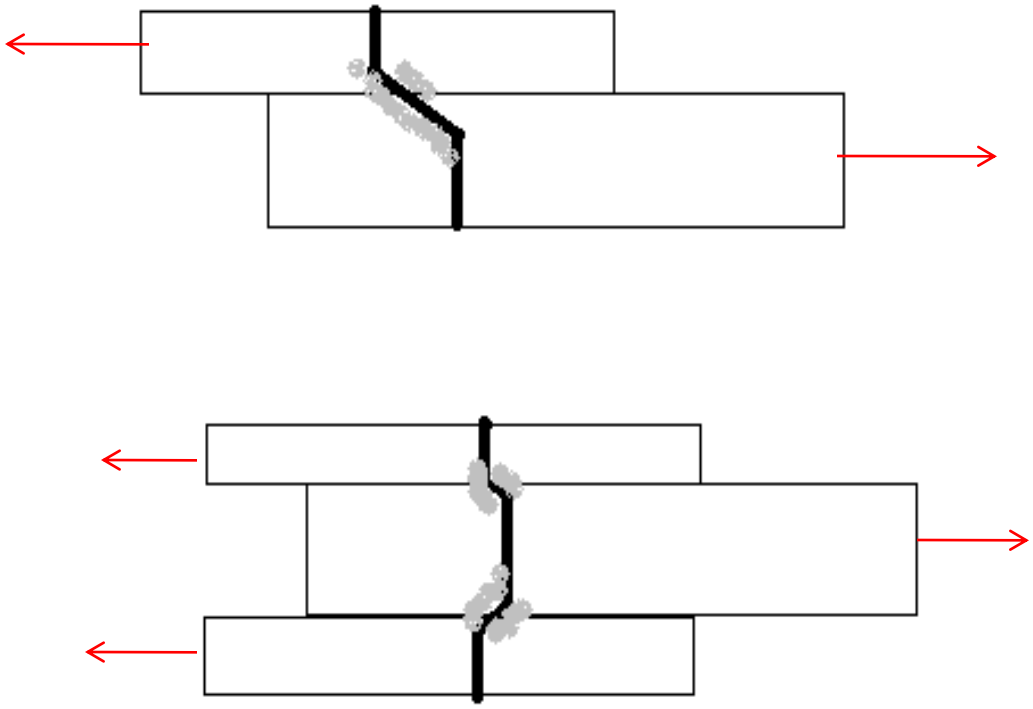
تغيير شکل خميري و له شدگي در عضو فرعي



تغيير شکل خميري و له شدگي در عضو فرعي

مد IV دو تغییر مکان خمیري در هر صفحه برش

تشکیل تغییر شکل خمیري در هر یک از صفحات برش که در اتصال دو عضوي و سه عضوي روي مي دهد



طراح مقدار اسمي Z را اندازه مي گیرد کمترین مقدار ظرفیت اتصال است مقدار آن مشمول مدت اعمال بار نوسان رطوبت و... است

عوامل موثر بر مقاومت در مدل حد تسلیم

۱- قطر اتصال دهنده
۲- ضخامت عضو اتصال
۳- مقاومت جاری شدن فلز اتصال دهنده در خمش F_{yb}
4- مقاومت تکیه گاهی پینی عضو چوبی اتصال F_e
۵- چنانچه عضو فرعی اتصال فلز باشد مقاومت تکیه گاهی پینی فلز F_e

۴-۱- جرم ویژه خشک چوب (G)

۴-۲- زاویه با جهت الیاف

۴-۳- اندازه نسبی اتصال دهنده (بزرگ یا کوچک)

در بکارگیری عوامل فوق استفاده از اندیس ها برای تفکیک عوامل مربوط به عضو اصلی و عضو فرعی شناسایی نقش عضو تعیین کننده و کار محاسبه را آسان تر میکند.

main member
side member

G_m	جرم ویژه عضو اصلي
t_m	ضخامت عضو اصلي
F_{em}	مقاومت تکیه گاهي عضو اصلي
G_s	جرم ویژه عضو فرعي
t_s	ضخامت عضو فرعي
F_{es}	مقاومت تکیه گاه پیني عضو فرعي
L	طول میخ
D	قطر میخ
P	طول نفوذ در عضو اصلي

$$Z = \frac{Dt_s F_{es}}{K_D}$$

مد I

$$Z = \frac{K_2 DPF_{em}}{K_D(1+2R_e)}$$

مد II

$$Z = \frac{K_1 DPF_{em}}{K_D(1+2R_e)}$$

مد III_m

$$Z = \frac{K_2 Dt_s F_{em}}{K_D(2+R_e)}$$

مد III_s

$$Z = \frac{D_2}{K_D}\left[\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1+R_e)}\right]^{0.5}$$

مد IV

$$K_1 = -1 + \left[2(1+R_e) + \frac{2F_{yb}(1+2R_e)}{3F_{em}p^2} D^2 \right]^{0.5}$$

$$K_2 = -1 + \left[\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2+R_e)}{3F_{em}ts^2} D^2 \right]^{0.5}$$

$$R_e = \frac{F_{em}}{F_{es}}$$

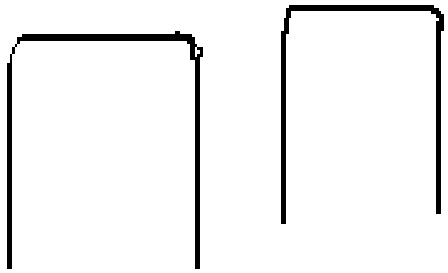
مقادير بر حسب psi و in مي باشد

ضريب قطر اتصال با ميخ

$$K_D = 2.2, D \le o.17in$$
$$K_D = 10D + 0.5$$
$$K_D = 0.17 \prec D \prec 0.25in$$
$$K_D = 3, D \ge 0.25in$$

L_p طول ميخ
D قطر ميخ

$$P = L_p - t_s \le t_m$$



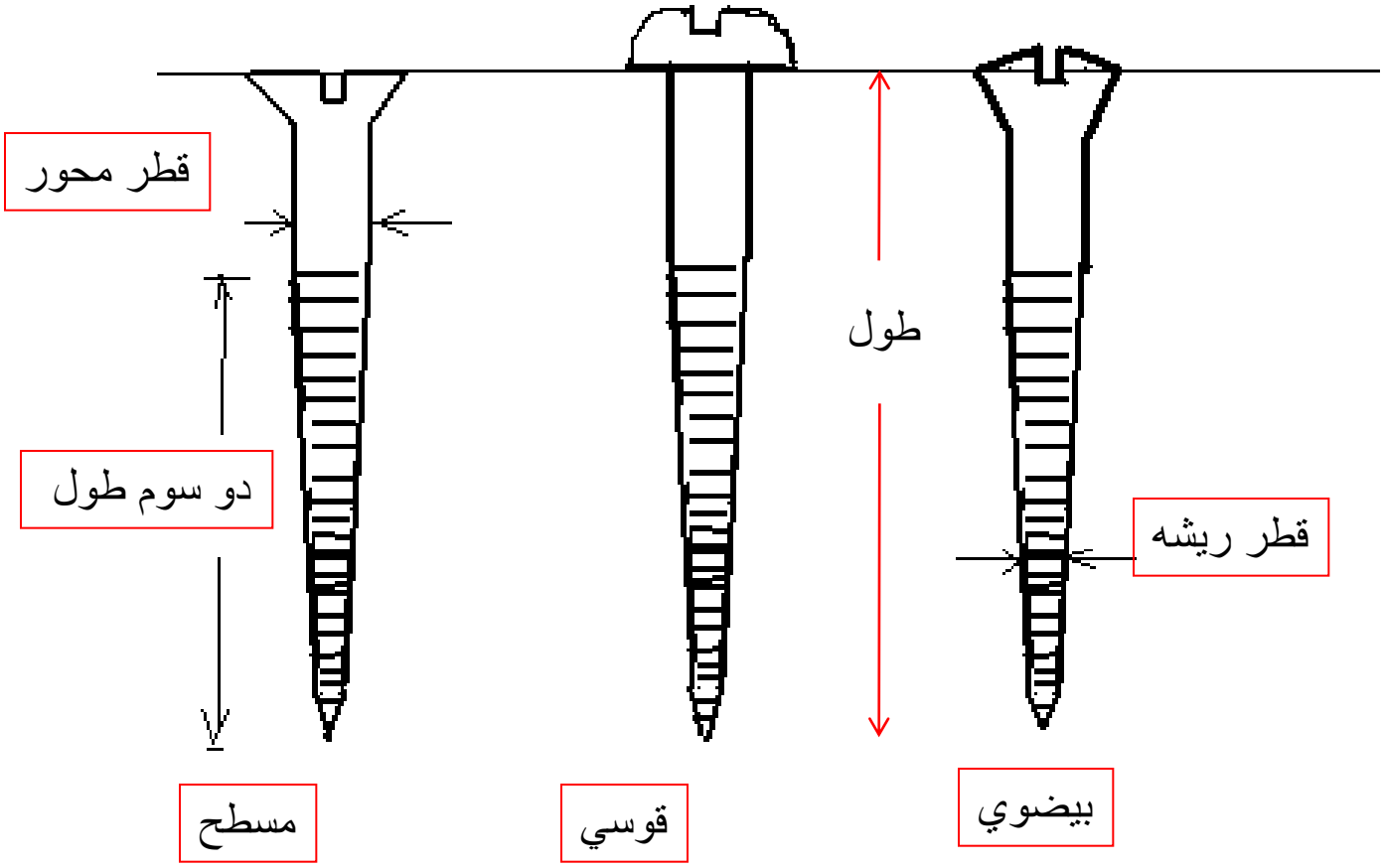
میخ منگنه

صنعت مبلمان

نوک، پهناي تاج، محور هاي اندود شده، طول آن تنوع زياد دارد

به صورت خشاب شده در بازار يافت مي شوند
و با چكش پنوماتيكي كاربرد دارند.
ميخ كوب پنوماتيكي قابل حمل مي باشند(حسن تسهيل كار)
نيروي انفصال ميخ منگنه با سطح مقطع و طول نفوذ و حالت نوک رابطه دارد.(مثل ميخ)
ظرفيت بار برشي ميخ منگنه مثل ميخ با طول نفوذ، قطر محور، جنس فلز بستگي دارد.

پیچ چوب



روش طراحي اتصال پيچ شبيه ميخ است
جز تفاوت در اجرا، با پيچاندن نصب مي شود.
براي اجرا احتياج به سوراخ هادي دارد
سر مسطح، بيضوي، قوسي دارد

نمادار كردن سطوح

سطوح پرداخت صاف

قسمت هاي مهم پيچ چوب

سر | محور | رزوه | قطر ريشه رزوه

قطر ريشه رزوه در اندازه هاي متفاوت پيچ به طور متوسط دوسوم قطر محور آن است
پيچ از جنس فولاد، برنج يا آلياژكه ممكن است آبكاري، گالوانيزه شده باشد.
بر مبناي جنس فلز، فاقد يا داراي پرداخت، شكل سر، قطر در بازار يافت مي شوند.

نيروي انفصالي

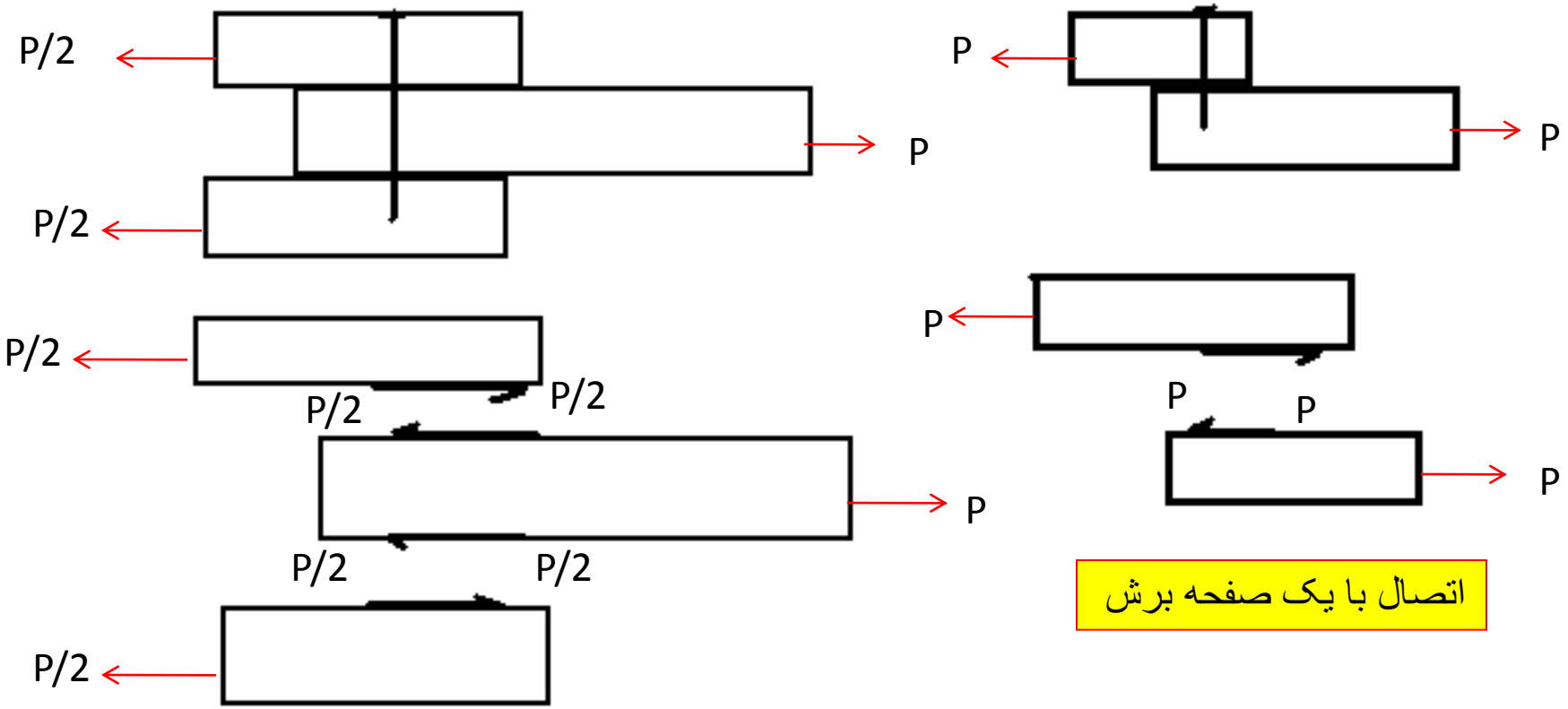
ظرفيت نيروي انفصال محور پيچ در جهت عمود بر الياف برحسب جرم ويژه چوب، طول نفوذ قسمت رزوه دار و قطر آن متغير است

اگر نيروي انفصال وارد بر پيچ از ظرفيت تحمل چوب اعضاي اتصال بيشتر باشد اتصال مي شكند.

صابون زدن پيچ در هنگام نصب تاثير زيادي بر ظرفيت پيچ ندارد.

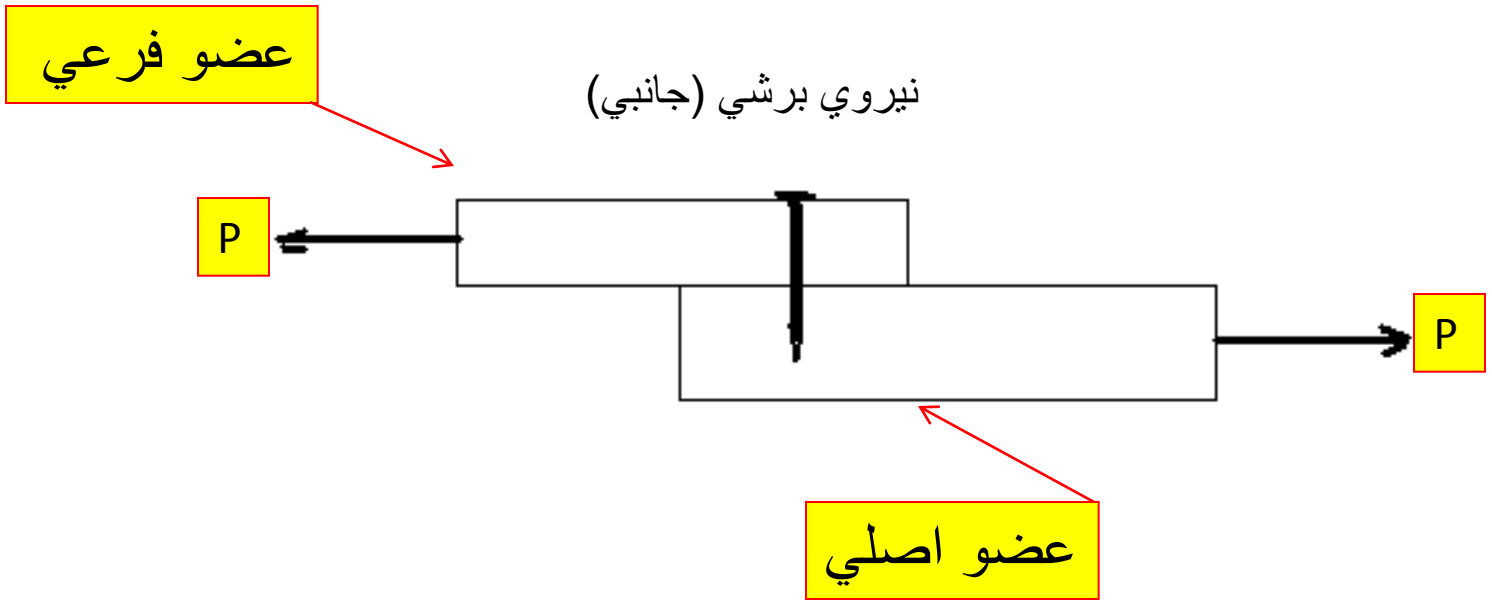
نيروي انفصال پيچ در مقطع عرضي چوب اگر ترک نخورده باشد، ۷۵% حالت عمود بر الياف برآورد مي شود.

نيروي برشي



اتصال با دو صفحه برش

اتصال با یک صفحه برش



تا سال ۱۹۹۱ ظرفيت نگهداري ميخ، پيچ، پيچ سر مهره اي از جداولي
که با فورمول تجربي در کد ساختماني و در جداولي که درNDS منتشر مي شدند
محاسبه مي شد.

National Design Specification for wood construction

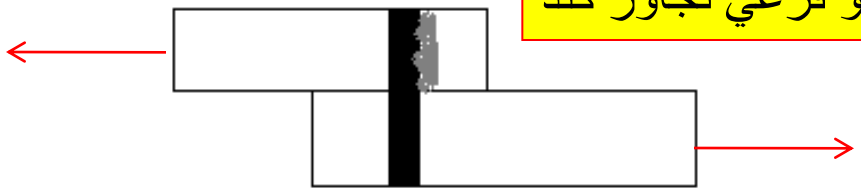
عوامل موثر در مقاومت برشي اتصال پين دوعضوي(داراي يک صفحه برش)

ضخامت عضو اتصال ، قطراتصال دهنده مقاومت تکيه گاه پيني چوب و مقاومت حد تسليم فلز پيچ

مدل تئوري تسليم سه مد دارد فرض بر اين است که يا چوب زير پيچ له شود يا در پيچ تغيير شکل خميري بوجود آيد.

ظرفيت اسمي اتصال را بدست مي آورند

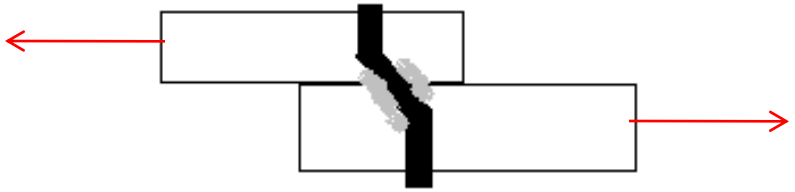
اگر تنش از از مقاومت تکيه گاه پيني عضو فرعي تجاوز کند



مد I_s

اگر له شدن الياف چوب عضو فرعي و اتصال دهنده (پين) خم مي شود

مد III_s



مدIV

دو تغيير شکل خميري در اتصال دهنده

عوامل موثر بر مقاومت در مدل تسليم

۱. قطر اتصال دهنده
۲. ضخامت عضو اتصال
۳. مقاومت جاري شدن فلز اتصال دهنده در خمش F_{yb}
۴. مقاومت تكيه گاه پيني عضو چوبي اتصال F_e

۱. جرم ويژه چوب (خشک)
۲. زاويه يا جهت الياف
۳. اندازه نسبي اتصال دهنده (بزرگ يا كوچک)
۴. چنانچه عضو فرعي فلز باشد مقاومت تكيه گاه پيني فلز F_e

G_m	جرم ويژه عضو اصلي
t_m	ضخامت عضو اصلي
F_{em}	مقاومت تكيه گاهي عضو اصلي
G_s	جرم ويژه عضو فرعي
t_s	ضخامت عضو فرعي
F_{es}	مقاومت تكيه گاه پيني عضو فرعي
L	طول ميخ
D	قطر ميخ
P	طول نفوذ در عضو اصلي

main member
side member

مقادير بر حسب psi و in مي باشد

در چوب مقدار F_e به چند عامل بستگي داشت پس معلوم است مي توان مقاومت را با انتخاب چوب متفاوت از گونه متفاوت بهبود بخشيد.
زاويه الياف متفاوت نسبت به جهت بار نيز موجب F_e باشد پس مي توان الياف اعضاي چوبي در محل اتصال نسبت به خط اثر بار متفاوت باشد.
بار وارد بر اتصال دهنده گاهي در يک اتصال دهنده تکيه گاه موازي الياف و يا عمود بر الياف باشد.
زاويه جهت بار با الياف اعضا بين صفر و نود درجه باشد.
مقاومت تکيه گاه پيني براي بار موازي الياف حداکثر و عمود بر الياف حداقل است.
براي زاويه بينابين با فورمول هينکينسون تعيين مي شود.
يک تجربه: مساوي بودن تکيه گاه پيني براي اتصال دهنده با قطر کوچک و مستقل از زاويه انحراف خط اثر نيرو نسبت به الياف اعضاي اتصال.

طراحی اتصال و ضرایب تظیم

نوع اتصال دهنده	حالت اعمال بار	علامت اختصاری ضریب تنظیم					
		مدت اعمال بار	نوسان رطوبت	دما	طول نفوذ	مقطع عرضی	کوبیدن پاشنه ای
میخ و منگنه	W′=W Z′=Z	C_D C_D	C_M C_M	C_t C_t	- C_d	- C_{eg}	C_m C_m
پیچ چوب	W′=W Z′=Z	C_D C_D	C_M C_M	C_t C_t	- C_d	- C_{eg}	- -
پیچ سر مهره ای	W′=W Z′=Z	C_D C_D	C_M C_M	C_t C_t	- C_d	C_{eg} C_{eg}	- -

W برای بار انفصالی و Z برای بار برشی است
ضریب مدت اعمال بار برای اتصال بیش از ۱/۶ نخواهد بود

C_Dمدت اعمال بار

مقاومت های چوب وابسته به زمان زیر بارند. بنابر این این ضریب برای همه آنها قابل اعمالند.
اما در اتصالات اعمال ضریب ۲ در نظر گرفته نمی شود.
در اتصالی که ماده چوبی اصلی نمی باشد ضریب مدت اعمال بار به کار نمی رود.

C_Mنوسان رطوبت

رطوبت چوب در زمان ساخت و در هنگام مصرف مسئله است.
در صنعت مبلمان چوب مورد مصرف باید خوب خشک شده و عاری از تنش های داخلی باید باشد.
بخار ناشی از آشپزی در محیط خانه کارکردن کولر های آبی و افزایش رطوبت نسبی در محیط خانه ویا اداره
درد سر ساز است.فر آیند پرداخت چوب نیز مسئله جذب و دفع رطوبت را به حداقل می رساند.
در مبلمان شهری چوب در معرض هوای آزاد قرار دارند و استفاده از ضریب موضوعیت دارد.

ضریب دما

این ضریب مقدار واحد دارد چون مشرف شدن مصالح چوبی در دمای ۳۸ درجه سانتیگراد به ندرت اتفاق می افتد.

ضریب طول نفوذ

وقتی از این ضریب استفاده می شود که طول نفوذ اتصال دهنده در عضو اصلی از حد نصاب لازم کمتر باشد.
اگر طول نفوذ بیش از حد نصاب باشد ضریب ۱ خواهد بود.
این ضریب برای اتصال زیر بار برشی کاربرد دارد. t ضخامت عضو فرعی و L طول میخ

$L_p=L-t$
D= قطر میخ
$Cd=0 \quad L_p<6D$
$Cd=1 \quad L_p>=12D$
$Cd=L_p/12D \quad 6D<L_p<12D$

ضریب مقطع عرضی

برای حالتی است که نفوذ اتصال دهنده در عضو اصلی موازی جهت الیاف آن باشد
استفاده از اتصال دهنده در مقطع عرضی چوب قابل توصیه نیست.مگر اجباری در کار باشد.
اگر محور اتصال دهنده میخ عمود بر جهت الیاف چوب عضو اصلی باشد برابر ۱ و در جهت موازی الیاف ۰/۶۷ می باشد.

ضریب پاشنه ای

برای حالتی است که میخ کردن مستقیم عضو فرعی به اصلی ممکن نیست مواردی پیش می آید که باید پاشنه ای میخ کوبید. محور اتصال دهنده با عضو فرعی زاویه ۳۰ درجه دارند.

در حالت پاشه ای برای طول نفوذ میخ دو تعریف وجود دارد. تصویر طول میخ در عضو اصلی در بار برشی

$$Lp=Lcos30-ts=Lcos30-L/3=L(cos30-1/3)$$

طول نفوذ میخ پاشنه ای Lw برای اتصال زیر بار انفصالی برای تمامی طول میخ در عضو اصلی لحاظ می شود

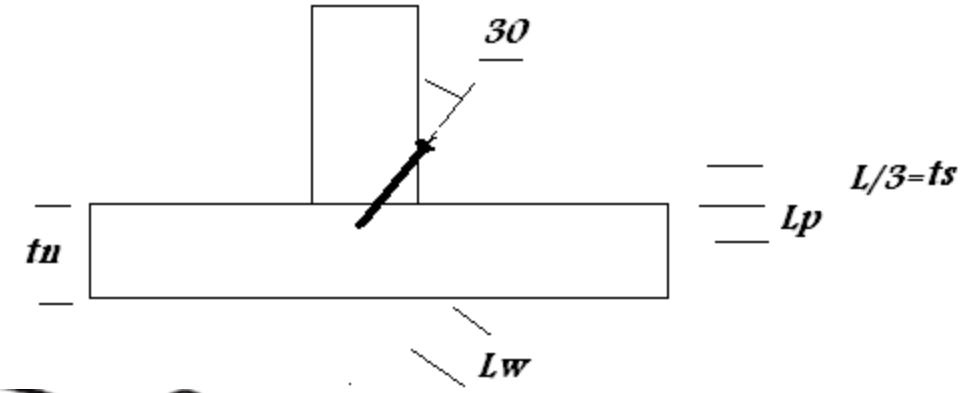
$$Lw=L-L/3/cos30<=tn/cos30$$

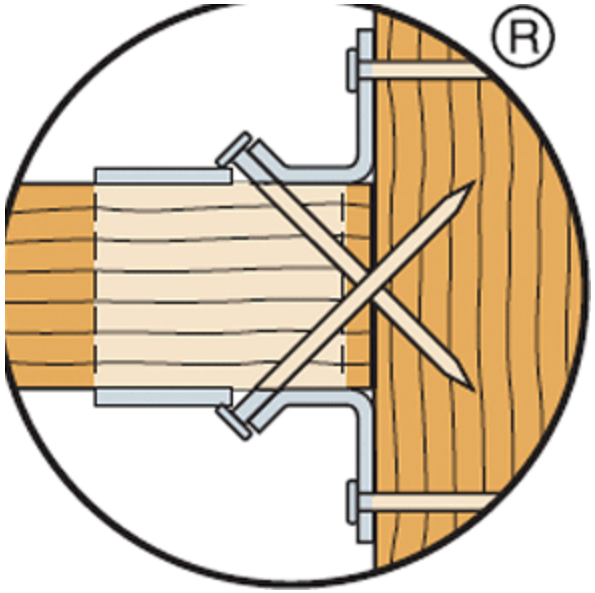
در حالت بار انفصالی

Cm=0/67

در حالت بار برشی

Cm=0/83





طراحي اتصالات در سازه مبلمان (ميخ)

پيش فرض هاي شرايط مورد مصرف

زمان بارگذاري نرمال ۱۰ سال)، حالت خشک محيط مصرف، دماي محيط معمولي ، تکيه گاه اتصال دهنده عمود بر محور طولي الياف چوب، نفوذ کافي در چوب

نوع اتصال دهنده	% رطوبت سرويس	بار	
		انفصالي	برشي
ميخ و منگنه	≤۱۲	۱	۱
	>۱۲	۰/۲۵	۰/۷
پيچ چوب	≤۱۲	۱	۱
	>۱۲	۱	۱

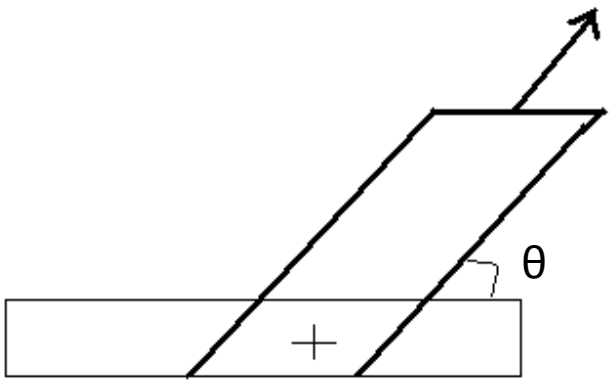
ضريب نوسان رطوبت

ضريب تنظيم دما

رطوبت در سرويس	Ct		
	T≤38˚C	38<T≤52˚C	52<T≤65˚C
خشک(۱۲%)	۱	۰/۸	۰/۷
تر	۱	۰/۷	۰/۵

زاويه جهت بار: در جهت موازي چوب قوي تر از عمود است و اگر زاويه بينابين باشد از فورمول هينكينسون استفاده مي شود

$$N=PQ/Psin^2\theta+Qcos^2\theta$$



میخ ها عمدتا برای اتصالاتی مناسب هستند که بر آنها بار کمی وارد شود.

پیچ چوب در اتصالات زیر بار برشی خوب عمل می کنند چون تمایل به شل شدن کمتری دارند و به نیروی انفصالی نیز مقاوم ترند.این اتصال در سازه مبلمان از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا در این سازه عمدتا در معرض بار تکراری با طبیعت ارتعاشی هستند.

پیچ سرمهره ای بر حسب ضرورت به لحاظ اندازه اسکلت مبل کاربرد دارند ولی از ظرافت کار می کاهد.

طراحی اتصال دهنده ها

میخ معمول ترین اتصال دهنده در ساخت وساز چوبی است.
قدمت کاربرد آن در مقایسه با بقیه بیشتر است. جدول صفحه بعد اندازه قطر و طول میخ های معمول را نشان می دهد.

اندازه اسمي چند ميخ

نوع ميخ	قطر (mm) قطرمحور=D قطر سر=H		طول (cm)	قطر (mm)		طول (cm)	قطر (mm)		طول (cm)
	D	H	L	D	H	L	D	H	L
معمولي	۲/۸	۶/۷	۵	۳/۷	۸	۸/۳	۵/۲	۱۱	۱۱/۴
	۳/۳	۷	۶/۴	۴/۱	۸/۷	۸/۹	۵/۷	۱۲	۱۲/۷
	۳/۷	۸	۷/۵	۴/۸	۱۰	۱۱/۲	۶/۲	۱۳	۱۴
	-	-	-	-	-	-	۶/۶	۱۳/۵	۱۵
جعبه	۲/۵	۴/۷	۵	۳/۲	۷/۹	۸/۲	۳/۷	۹/۵	۱۱/۴
	۲/۸	۷/۵	۶/۴	۳/۴	۸/۹	۸/۹	۴	۱۰/۳	۱۲/۷
	۳/۲	۷/۹	۷/۵	۳/۷	۹/۵	۱۰/۸	-	-	-
سر شيپوري	۲/۳	۵/۹	۴/۷	۳/۴	۷/۹	۷/۹	۴/۸	۱۰/۳	۱۰/۸
	۲/۶	۶/۷	۶	۳/۷	۸/۷	۸/۲	۵/۲	۱۱	۱۲
	۳	۷	۷/۳	۴/۵	۹/۵	۹/۵	۶/۲	۱۲/۷	۱۴/۶

نيروي انفصالي ميخ

جرم ويژه چوب عضو اصلي

$$W=98G^{2.5}D$$

قطر ميخ (cm)

نيروي انفصال كيلو گرم به ازاي هر ساتيمتر نفوذ ميخ در عضو اصلي به شرطي كه

۱-نفوذ ميخ ترک ايجاد نكند

۲- چوب خشک باشد و بعد از مصرف خشک باشد

۳-بارگذاري نرمال يا ده ساله بارگذاری

۴-ميخ عمود بر الياف چوب كوبيده شود

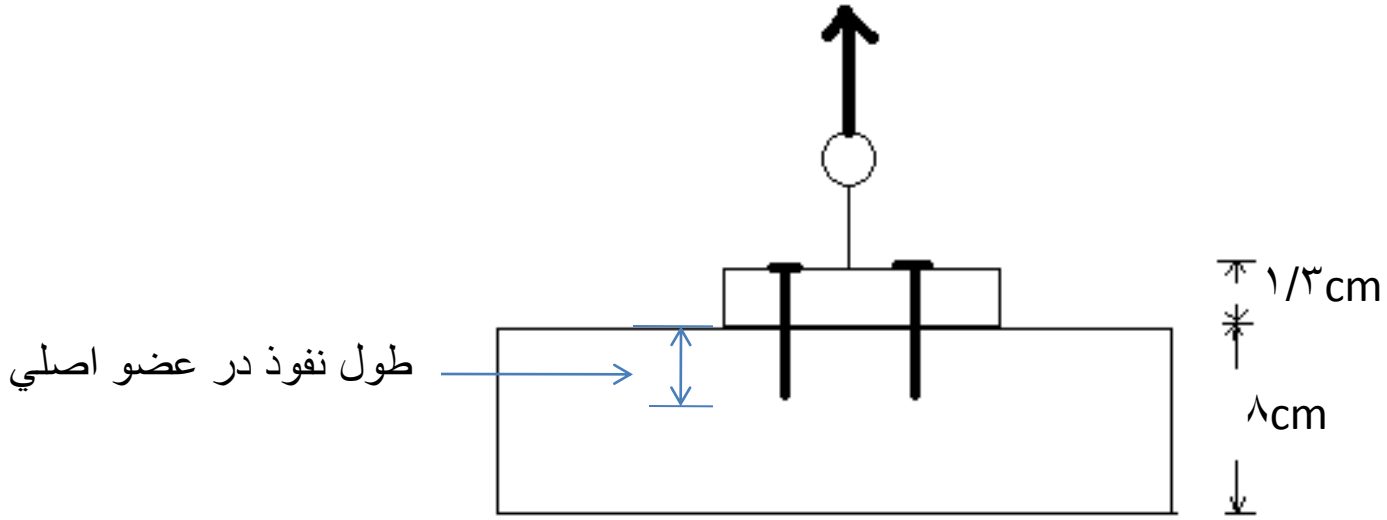
۵-دماي محيط متعارف باشد

جدول صفحه بعد مقادير بار انفصالی وارد بر ميخ را نشان می دهد. اين مقادير برای سهولت كاربرد تدوين شدند.

مقادير بار انفصالي اسمي طراحي و نرمال چند نوع ميخ به ازاي هر سانتيمتر نفوذ آن در عضو اصلي

جرم ویژه چوب (g)	میخ‌های : معمولی						جعبه				مفتولی						
	قطر میخ (mm)																
	۲/۵	۲/۸	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۸	۴/۱	۴/۸	۵/۲	۵/۷	۶/۲	۶/۷	۷/۲	۷/۹	۹/۵		
۰/۴۲	۲/۸	۳	۳/۶	۳/۷	۳/۸	۴/۲	۴/۶	۵/۲	۵/۸	۶/۴	۷	۷/۵	۸	۹	۱۰/۶		
۰/۴۳	۳	۳/۳	۳/۸	۳/۹	۴	۴/۵	۴/۹	۵/۷	۶/۲	۶/۸	۷/۴	۸	۸/۵	۹/۴	۱۱/۳		
۰/۵	۴/۳	۴/۸	۵/۵	۵/۷	۵/۹	۶/۶	۷	۸/۳	۹	۱۰	۱۰/۷	۱۱/۶	۱۲/۵	۱۳/۷	۱۶/۵		
۰/۵۵	۵/۵	۶/۲	۷	۷/۲	۷/۵	۸/۴	۹	۱۰/۵	۱۱/۴	۱۲/۵	۱۳/۶	۱۴/۷	۱۵/۸	۱۷/۴	۲۱		

در محاسبه اعداد این جدول نزدیک ترین عدد به معادله لحاظ گردید



مثال : در ساخت اتصالي از دو ميخ به طول ۵ سانتيمتر و قطر ۲/۸ ميليمتر استفاده شده است.
ظرفيت اسمي نرمال اتصال را تعيين كنيد.اگر رطوبت كمتر از ۱۲% و دانسيته هر دو عضو ۰/۵ باشد.
ظرفيت مجاز دائم را بگوييد.
اگر رطوبت ساخت بيش از ۲۰% باشد. ظرفيت مجاز اتصال را تعيين كنيد.

L=۵cm

$L_p=L-t_s$

طول نفوذ در عضو اصلي 5-1/3=3/7 cm

از جدول نيز بدست مي آيد

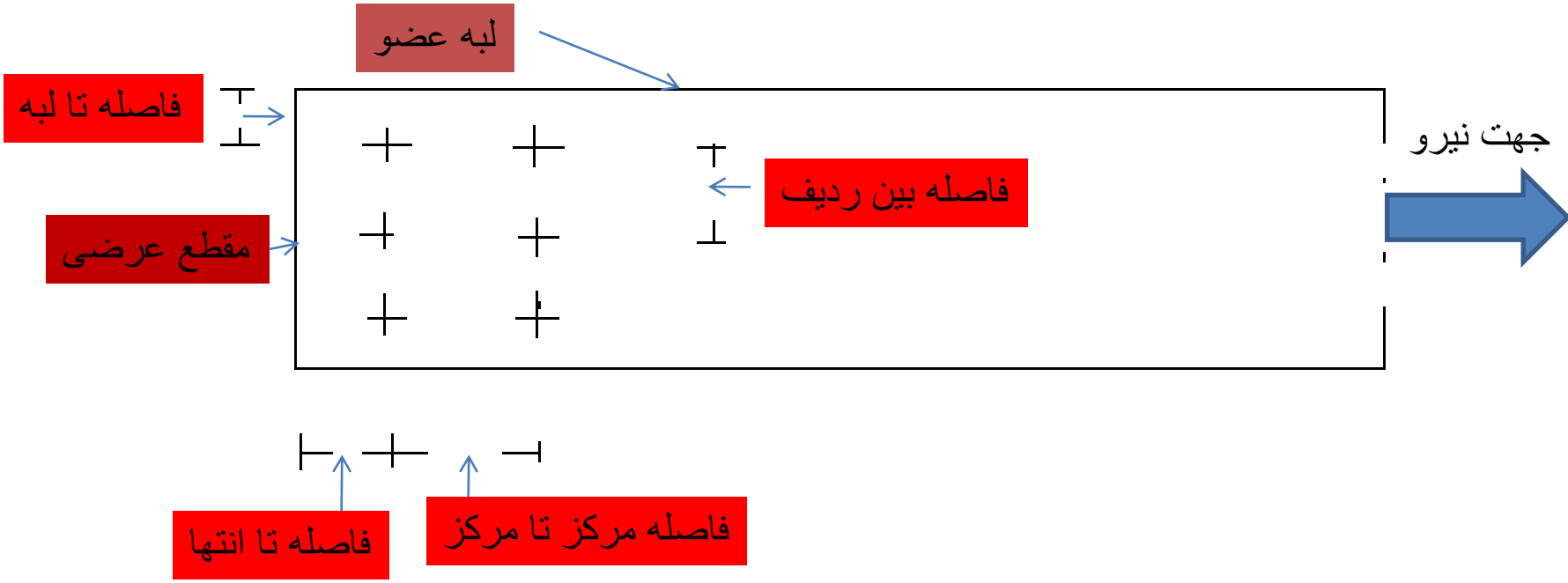
$W=98(0/5)^{2/5}(0/28)=$ 4/8kg/cm

W=4/8(3/7)(2)=35/5kg

بار دائم 35/5(0/9)=32kg

در رطوبت ۲۰% 35/5(0/25)=8/8kg بر اساس جدول تنظيم رطوبت

فاصله گذاری



فاصله تا انتها: در امتداد الیاف عضو از نزدیک ترین میخ تا انتهای آن عضو
فاصله تا لبه: در جهت عمود بر الیاف از مرکز نزدیک ترین میخ تا لبه آن
فاصله بین میخ در هر ردیف: در جهت الیاف فاصله مرکز یک میخ تا مرکز میخ مجاور
ردیف میخ: تعداد دو میخ یا بیشتر روی یک خط در امتداد جهت نیرو

در اغلب موارد میخ مستقیما در چوب کوبیده می شود. اما مواردی وجود دارد که در آنها با به مستعد بودن گونه به ترک خوردن برای پیشگیری از ترک احتمالی در محل کوبیدن میخ سوراخ هادی تعبیه می شود.

توصیه می شود که قطر سوراخ هادی در چوب با جرم ویژه بیش از ۰.۶ حداکثر ۹۰ درصد قطر میخ باشد. با جرم ویژه کمتر از ۰.۶ حدود ۷۵ درصد قطر میخ باشد.نیروی برشی و انفصالی در میخ با سوراخ هادی تغییر محسوسی میکند.

فاصله	عضو فرعی بدون سوراخ هادی	عضو فرعی چوب با سوراخ هادی	عضو فرعی وصله فلزی بدون سوراخ هادی	عضو فرعی وصله فلزی با سوراخ هادی
بین میخ مرکز تا مرکز				
موازی الیاف	۱۵D	10D	10D	5D
عمود برالیاف	10D	5D	5D	2.5D
فاصله تا انتها موازی الیاف				
نبروکششی	15D	10D	10D	5D
نیرو فشاری	10D	5D	5D	3D
فاصله تالبه	2.5D	2.5D	2.5D	2.5D
فاصله ردیف(کوبیدن)				
زیگزاگی	2.5D	2.5D	2.5D	2.5D
روی خط مستقیم	۵D	۳D	۳D	2.5D

مثال

با تحلیل سازه ای از یک نوع صندلی بار انفصالی وارد بر اتصال نشیمنگاه
با ستونک پشتی و پایه عقبی آن ۶۰ کیلوگرم تعیین شده است. جرم ویزه چوب پایه و ستونک G=0.43
و صخامت قید ۳.۴ سانتیمتر است.
الف- تعداد لازم میخ معمولی ۶ برای این اتصال زیر بار نرمال چند عدد است.
طول میخ ۶.۴ و قطر آن ۰.۳۳ سانتیمتر است. مطابق جدول ۱۰۱
$Lp=L-t=6.4-3.4=3$ cm طول نفوذ در عضو اصلی
ظرفیت هر سانتیمتر نفوذ این میخ $W=98(0.43)^{2.5}(0.33)=3.9$ kg/cm
ظرفیت هر میخ شماره ۶ در این اتصال

$W'=W$(طول نفوذ)$= 3.9*(3)=11.7$kg

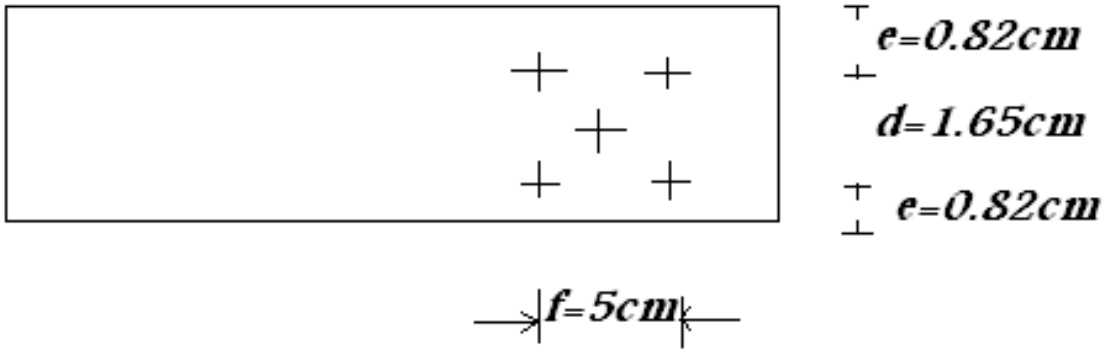
$n=60kg/11.7kg$تعداد لازم میخ برابر است با بار وارد براتصال بر ظرفیت یک عدد

فاصله تا لبه و بین میخ های هر ردیف را تعیین کنید. فرض این است که میخ ها بدون سوراخ هادی کوبیده شود.

مطابق جدول صفحه ۱۰۷

e=2.5(D) 2.5*(0.33)=0.82 cm

۴ میخ از این ۵ عدد محاسبه شده در دو ردیف قرار می گیرند و ترجیحا میخ پنجم در فاصله بین دو ردیف

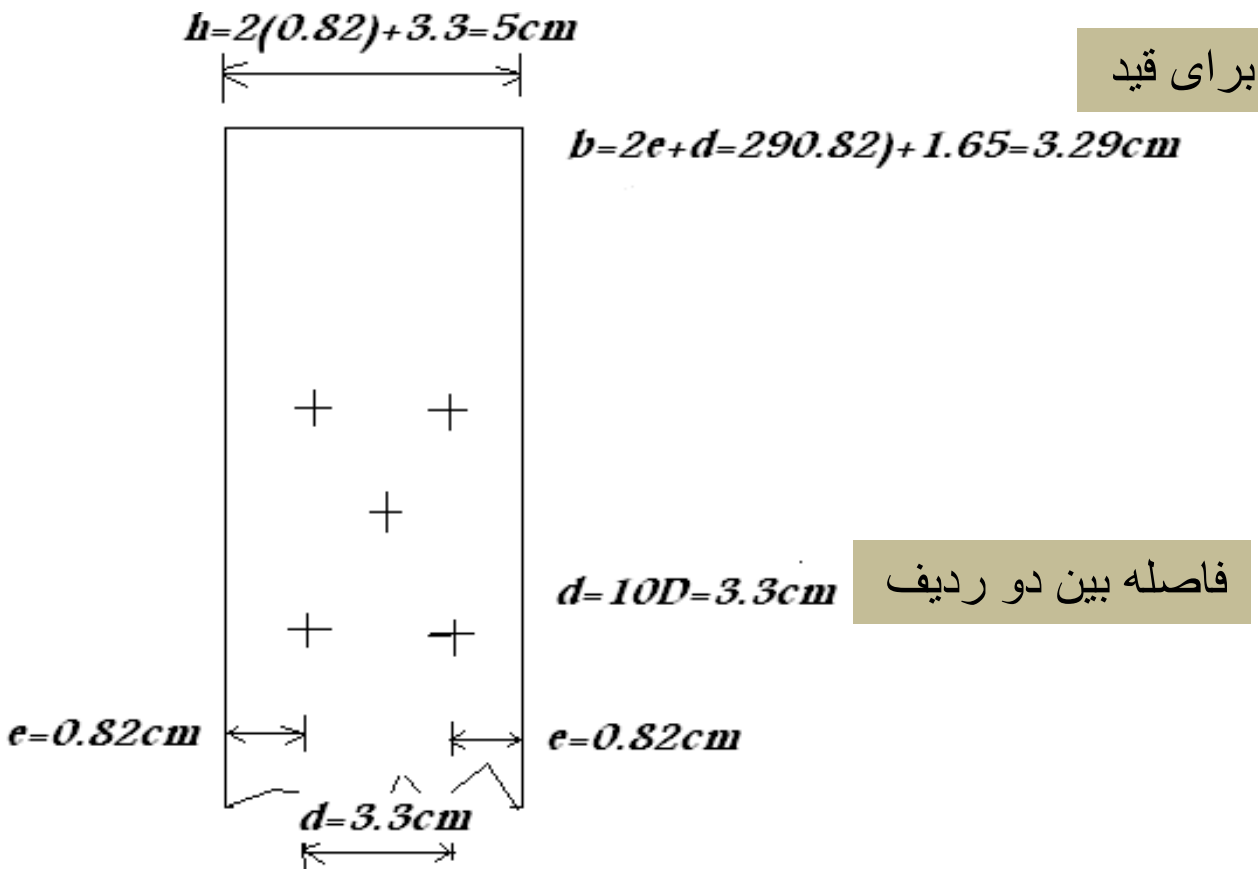


فاصله بین ردیف ها d=5D=5(0.33)=1.65cm

فاصله بین دو میخ متوالی f=15D=15(0.33)=5cm

با توجه به فواصل محاسبه شده پهنای لازم قید و ضخامت پایه و ستونک صندلی را محاسبه کنید.

ضخامت یا پهنای پایه و ستونک در محل اتصال

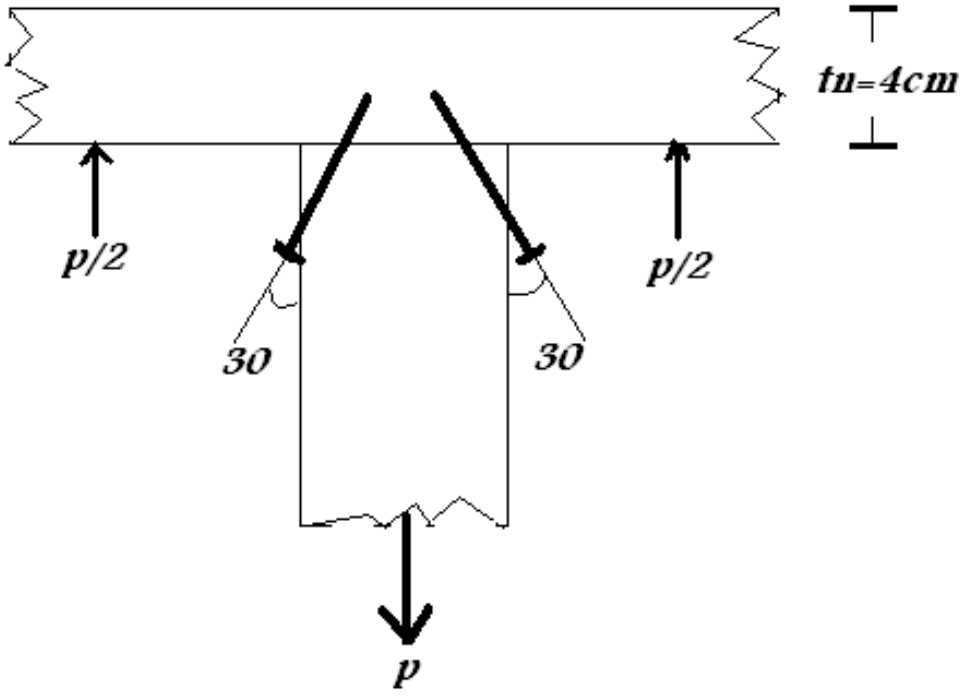


حداقل لازم پهنا برای قید

فاصله بین دو ردیف

مثال

اتصال شکل زیر با کوبیدن میخ به حالت پاشنه ای درست شده است و از دو میخ ۶ معمولی (به طول ۶.۴ سانتیمتر) استفاده گردید. جرم ویژه چوب هر دو عضو از یک گونه و به مقدار ۰.۵ گرم بر سانتیمتر مکعب و چوب در هنگام نصب خشک است و در سرویس نیز خشک خواهد ماند. دما محیط اتصال عادی است.
ظرفیت مجاز شوک وارد بر اتصال را محاسبه کنید.



L=6.4 cm , D=0.33 cm , C_t= 1 , C_M=1 , C_D= 1.6

$L_w=L-(L/3)/\cos 30<=t_n/\cos 30$

$L_w=6.4-(6.4/3)/\cos 30<=4/\cos 30$

$L_w=3.94<4.62$cm

در جدول صفحه ظرفیت نرمال انفصالی میخ ۶ معمولی به قطر۰.۳۳ سانتیمتر در چوبی با جرم ویزه ۰.۵ برابر ۵.۷ کیلوگرم بر سانتیمتر نفوذ میخ در عضو اصلی است

$W=L_w(5.7)=3.94(5.7)=22.5$kg به ازای هر میخ

$W'=W(C_D)(C_M)(C_t)(C_m)=22.5(1.6)(1)(1)(0.67)=24$kg

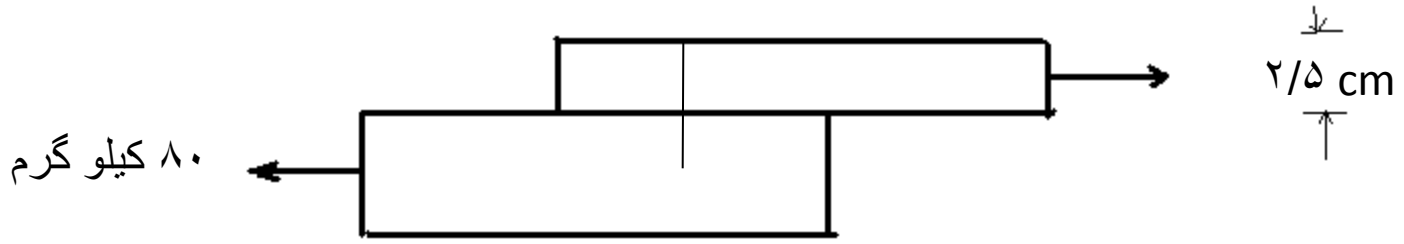
$W'=2(24)=48$kg

نيروي برشي ميخ

از موارد باروارد به اتصال، نيروي برشي است، ظرفيت اتصال با ميخ زير بار برشي به عوامل : ضخامت دو عضو اتصال، مقدار مقاومت تكيه گاه پيني چوب، قطر و مقاومت حد تسليم فلز ميخ بستگي دارد.

ظرفيت اسمي طراحي اندازه هاي مختلف چند نوع ميخ كه با معادلات تئوري حد تسليم محاسبه شدند در جداول آمده اند . اعداد جدول براي مقادير اسمي طراحي شده اند و مشمول ضرايب تنظيم مي باشند. در وضعيتي كه اين ميخ ها عمود بر الياف چوب نصب شده باشند، حداقل طول نفوذ ميخ در عضو اصلي اتصال L_p ده برابر قطر ميخ 10D مي باشد. اگر طول نفوذ ميخ در عضو اصلي $6D<L_p\leq 10D$ باشد مقدار اسمي طراحي را بايد در $L_p/10D$ ضرب نمود. در صورتي كه طول نفوذ ميخ براي تامين طول نفوذ حد نصاب ($L_p=10D$) كافي نباشد، اصلاح مقدار ظرفيت اسمي با $L_p/10D$ لازم خواهد بود.

مثال: در اتصالي كه حامل ۸۰ كيلو گرم نيرو است چند عدد ميخ ۵ جعبه لازم است. جرم ويژه چوب عضو اصلي ۰/۴۳ و ضخامت عضو فرعي ۲/۵ سانتيمتر است. بار وارده نرمال، چوب خشك وخشك در سرويس مي ماند.



10D=10(0.25)=2.5

از تمام ظرفيت ميخ استفاده مي گردد ⟹ Lp=L-ts=5-2.5=2.5=10D طول نفوذ در عضو اصلي

بر اساس جدول قبلي كه جرم ويژه چوب را لحاظ كرده است. (۰/۴۳) بار برشي ۲۲ كيوگرم است.

چون ساير ضرايب رطوبت و زمان بارگذاري نرمال همه (۱) هستند در نتيجه توان تحمل آن ۲۲ كيلوگرم مي باشد

تعداد ميخ لازم ۴عدد=۲۲÷۸۰

مقاومت تکیه گاه پیني اتصالات با میخ و پیچ چوب

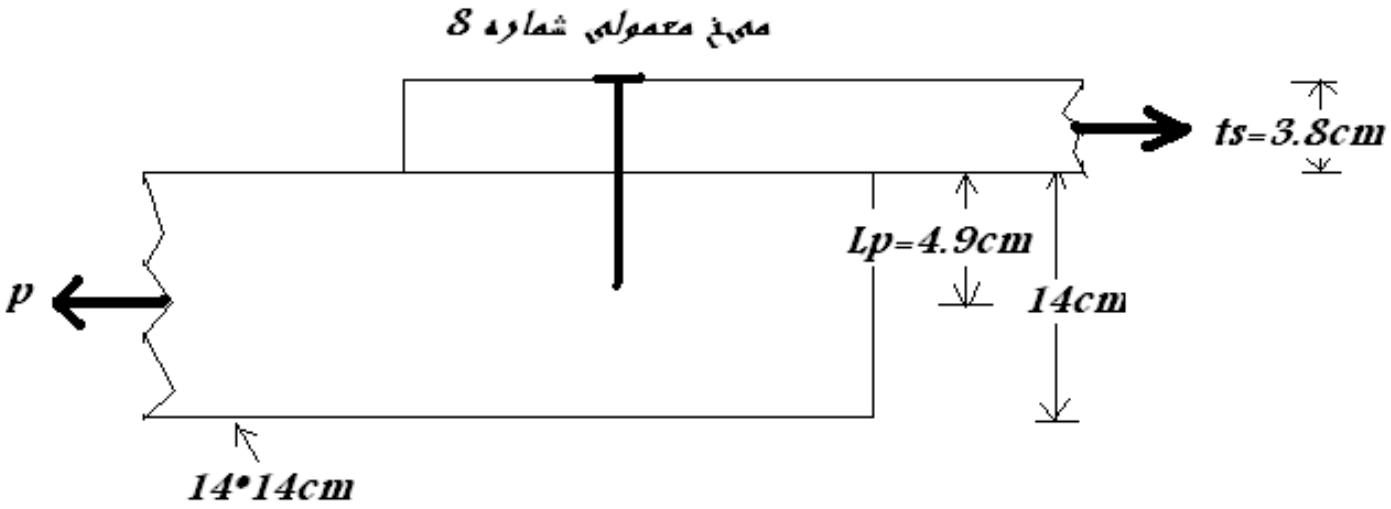
جرم ویژه چوبG	مقاومت تکیه گاه پیني $F_e(kg/cm^2)$
0.42	234
0.43	245
0.5	325
0.55	388

مقاومت حد تسلیم چند نوع میخ

قطر میخmm	میخ معمولي، جعبه، مفتولي
	$F_{yb}(kg/cm^2)$
2.5	7600
2.87	7400
3.25	7200
3.32	7100
3.42	6900
3.75	6700
4.1	6300

مثال

مقدار اسمی طراحی اتصال شکل زیر را با میخ معمولی شماره ۸ روی اعضای اتصال از یک گونه با دانسیته ۰.۵ گرم بر سانتیمتر مکعب تعیین نمایید. زاویه جهت بار نسبت به الیاف بر ظرفیت اتصال تاثیرگذار نیست.



مطابق جدول مشخصات میخ معمولی ۸
L=8.7cm, D=4.1mm

$L_p=L-t_s \leq t_m$
$=8.7-3.8=4.9cm<t_m=14cm$

حداقل طول نفوذ لازم
$12D=12(0.41)=4.9$ ok

مقاومت حد تسلیم میخ مطابق جدول
$F_{yb}=6300kg/cm^2$

جرم ویژه هر دو چوب
$G_s=G_m=0.5$

مقاومت تکیه گاه پینی هر دو عضو مساوی است برابر جدول
$F_{em}=F_{es}=325kg/cm^2$

ضریب قطر در معادلات تسلیم
$K_D=2.2$
$R_e=F_{em}/F_{es}=325/325=1$
در معادله
$L_p=4.9=p$
$1+R_e=1+1=2$ $1+2R_e=1+2=3$ $2+R_e=2+1=3$

$$K_1 = -1 + \left[2(1+R_e) + \frac{2F_{yb}(1+2R_e)}{3F_{em}p^2} D^2 \right]^{0.5}$$

$$K_1 = -1 + \left[2(2) + \frac{2(6300)(3)}{3(325)(0.49)^2} (0.41)^2 \right]^{0.5} = 1.066$$

$$K_2 = -1 + \left[\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2+R_e)}{3F_{em}ts^2} D^2 \right]^{0.5}$$

$$K_2 = -1 + \left[\frac{2(2)}{1} + \frac{2(6300)(3)}{3(325)(3.8)^2} (0.41)^2 \right]^{0.5} = 1.1098$$

معادلات تسليم

$$Z = \frac{Dt_s F_{es}}{K_D}$$

مد I_s

$$Z = \frac{(0.41)(0.38)(325)}{2.2} = 230kg$$

$$Z = \frac{K_2 Dt_s F_{em}}{K_D(2 + R_e)}$$

مد III_s

$$Z = \frac{1.1098(0.41)(3.8)(325)}{2.2(2+1)} = 85kg$$

$$Z = \frac{K_1 DPF_{em}}{K_D(1+2R_e)}$$

مد III_m

$$Z = \frac{1.0667(0.41)(4.9)9325)}{2.2(1+2(1))} = 105kg$$

$$Z = \frac{D_2}{K_D}[\frac{2F_{em}F_{yb}}{3(1+R_e)}]^{0.5}$$

مد IV

$$Z = \frac{041}{2.2}[\frac{2(325)(6300)}{3(1+1)}]^{0.5} = 63kg$$

مقدار اسمی ظرفیت طراحی اتصال ۶۳ کیلوگرم است.

مقادير بار برشي اسمي طراحي و نرمال (kg)چند نوع ميخ در اتصال با يک صفحه برش - هر دو عضو اتصال از يک گونه

ضخامت عضو فرعی cm	قطر میخ mm	نوع میخ و طول آن (cm)			بار برشی بر حسب جرم ویژه چوب، G			
		معمولی	جعبه	سرشپوری	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۵۰	۰/۵۵
۱/۳	۲.۵	۵	۵.	–	۱۷	۱۸	۲۲	۲۵
	۲.۸۷	۵	۶/۴	۶/۴	۲۱	۲۲	۲۷	۳۰
	۳	–	–	۷/۶	۲۴	۲۴	۲۹	۳۳
	۳.۲۵	–	۷/۶	–	۲۷	۲۸	۳۳	۳۷
	۳.۳۲	۶/۴	–	–	۲۸	۲۹	۳۴	۳۸
	۳.۴۲	–	–	–	۲۹	۳۰	۳۶	۴۰
	۳.۷۵	۷/۶	–	–	۳۳	۳۴	۴۱	۴۶
۱/۹	۲.۵۰	۵	۵	–	۲۱	۲۲	۲۵	۲۸
	۲.۸۷	۶/۴	۶/۴	۶/۴	۲۶	۲۶	۳۳	۳۶
	۳	–	–	۷/۶	۲۸	۲۹	۳۶	۴۰
	۳.۲۵	–	۷.۶	–	۳۱	۳۲	۳۹	۴۶
	۳.۳۲	۶/۴	–	–	۳۲	۳۳	۴۱	۴۷
	۳.۴۲	–	–	–	۳۴	۳۴	۴۳	۴۹
	۳.۷۵	۷/۶	–	–	۳۸	۳۸	۴۸	۵۵
۲/۵	۲.۵	–	۵	–	۲۱	۲۲	۲۵	۲۸
	۲.۸۷	۵	۶/۴	۶/۴	۲۸	۲۹	۳۳	۳۶
	۳	–	–	۷/۶	۳۱	۳۲	۳۷	۴۰
	۳.۲۵	–	۷.۶	–	۳۶	۳۶	۴۲	۴۶
	۳.۳۲	۶/۴	–	–	۳۷	۳۸	۴۴	۴۸
	۳.۴۲	–	–	–	۳۹	۴۰	۴۴	۵۱
	۳.۷۵	۷/۶	–	–	۴۳	۴۵	۴۷	۵۸
۳/۲	۲.۵	–	۵	–	۲۱	۲۲	۲۵	۲۸
	۲.۸۷	۵	۶/۴	۶/۴	۲۳	۲۹	۳۳	۳۶
	۳	–	–	۷/۶	۳۱	۳۲	۳۷	۴۰
	۳.۲۵	–	۷.۶	–	۳۶	۳۶	۴۲	۴۶
	۳.۳۲	۶/۴	–	–	۳۷	۳۸	۴۴	۴۸
	۳.۴۲	–	–	–	۴۰	۴۰	۴۷	۵۱
	۳.۷۵	۷/۶	–	–	۴۵	۴۶	۵۳	۵۸