فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۶، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ۷۱۸-۷۰۸، (۱۳۹۰)

تحلیل توزیع تنش و پیش‌بینی شکست در اتصال دوبل به روش عناصر محدود

امیر لشگری*

*- مسئول مکاتبات، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
پست الکترونیک: amir.lashgari@kiau.ac.ir

تاریخ دریافت : دی ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۰

چکیده

در این بررسی نحوه توزیع تنش، تمرکز تنش و پیش‌بینی محلهای شکست در اتصال دوبل، مقاومت‌کششی و گشتاورخمشی مورد مطالعه قرار گرفت. اثر قطر دوبل در سه مقدار ٦ ، ٨ و ١٠ میلیمتر، نوع گونه چوبی راش، توسکا و نوئل بر مقاومت‌کششی و گشتاورخمشی بررسی شده است. برای ساخت اتصالات T شکل ابعاد عضوها در اتصال مورد بررسی ۵×۵×۲/۵ سانتی‌متر بوده است. فاصله بین دوبل‌ها ۲ سانتی‌متر بوده است. نوع گونه چوبی دوبل مورد استفاده در این تحقیق از جنس ممرز بوده که دوبل متداول در بازار است. چسب مورد استفاده به‌عنوان ماده کمکی نیز در اتصال دوبل چسب پلی وینیل استات می‌باشد. از ترکیب عوامل متغیر فوق ۹ ترکیب عوامل بوجود آمده که با توجه به ٤ تکرار جمعاً ٣٦ نمونه T شکل ساخته و مقاومت‌کششی و گشتاورخمشی بوسیله ماشین آزمون مکانیکی اندازه‌گیری شد. برای اعمال نیروهای مورد نظر برای بررسی مقاومت‌های مزبور از سرعت بارگذاری معادل با ۱/۲۵ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد. برای بررسی توزیع تنش و تمرکز تنش در اتصال‌ها از روش عناصر محدود و نرم‌افزار ANSYS استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی المانی از اتصال که تنش حداکثر را تحمل می‌کند با المانی که در اتصال واقعی دچار شکست می‌شوند مطابق است. بنابراین توزیع تنش در قسمت میانی دوبل در اعمال گشتاورخمشی حداکثر است و تنش در اتصالات دوبل در نقاطی که شکست ایجاد شده متمرکز است. توزیع تنش در اتصالات دوبل در زمان اعمال بار کششی در قسمت‌های فوقانی دوبل حداکثر بوده و میزان تنش در حوالی حفره دوبل حداکثر است؛ به طور کلی شکست در حالت تجربی در اتصال دوبل بیشتر در عضوهای اتصال رخ می‌دهد تا دوبل.

واژه‌های کلیدی: اتصال دوبل، مقاومت‌کششی، گشتاورخمشی، روش عناصر محدود، تنش.

مقدمه

در تمام سازه‌های چوبی، قطعات به طریقی به یکدیگر وصل شده‌اند و اتصالات یکی از بخش‌های اصلی و حلقه‌های حساس بین عناصر یک سازه هستند. اتصالات بار وارده را به طور پیوسته تحمل کرده و بنیان‌سازه را به وجود می‌آورند. گردش ساختار لوازم خانگی به سمت خرابی منجر به این باور شده که باید به دنبال اتصالات قویتری بود. از آنجایی که در سازه‌های چوبی، اتصالات به سازه زیبایی و استحکام می‌بخشند و تأمین‌کننده تمامیت و سلامت آن هستند، بنابراین بها ندادن به اهمیت طراحی اتصالات در سازه‌های چوبی و درستی اتصالات تأکیدی بر شدت نقاط ضعف آن خواهد بود (Liuw, 1998; Thomas, 2002). برای

انجام درست طراحی مهندسی سازه‌های چوبی باید از اصول اساسی مربوط به اتصالات آگاهی یافت. در طراحی توجه به ۳ عامل بسیار مهم است. ۱- شکست اتصالات ۲- بهینه کردن مصالح چوبی در اتصالات ۳- طراحی نادرست یا ضعف عمل در ساخت اتصالات؛ به‌طوری که ادبیات موجود در خصوص طراحی مهندسی اتصالات در سازه مبلمان بسیار محدود است (Wang, 1998). مطالعات کمی برای پیدا کردن حداکثر بار وارد بر انواع اتصالات (تنش حداکثر) و برحسب اندازه آنها صورت گرفته است و برای فرموله کردن روابط محاسبات طراحی تلاش زیادی صورت نگرفته است. علت این موضوع ناکافی بودن مشاهدات تجربی و زیاد بودن متغیرهای مطرح در منابع مربوط می‌باشد. دو مقاومت‌کششی و خمشی از بارهای اساسی وارد شده بر کلیه سازه‌های چوبی هستند. همچنین اتصال دوبل پُرکاربردترین اتصال در سازه‌های چوبی می‌باشد که مشخص شدن نقاط بحرانی در این اتصال که شکست در این نواحی اتفاق می‌افتد، برای دستیابی به طراحی مهندسی دقیق‌تر و ایجاد اتصالی مقاوم‌تر لازم می‌باشد تا بتوانیم به ترکیبی مناسب‌تر از مصالح مورد استفاده در این اتصال و ابعاد سازه، متناسب با بار وارد شده، دست یابیم. بدین جهت همگام با توسعه فناوری‌های جدید ساخت مبلمان، تحقیق در فناوری اتصالات را اجتناب‌ناپذیر نموده است. Wilkinson (1991) تحمل بار دوبل را مورد بررسی قرارداده است. نتایج این بررسی نشان داد که تحمل بار دوبل بارگذاری شده در جهت الیاف متناسب با جرم ویژه چوب است ولی تحمل بار در دوبل‌هایی که در جهت عمود بر الیاف بارگذاری شوند متناسب با جرم ویژهٔ و قطر دوبل است. Zhang و همکاران (2002) مقاومت اتصال جانبی دوبل را در تخته لایه و O.S.B بررسی کرده‌اند. بر اساس نتایج این بررسی مقاومت‌برشی عرضی سازه‌های با اتصال دوبل در تخته لایه و O.S.B به اندازه کافی قوی هستند. Eckelman و همکاران (2003) مقاومت‌کششی و گشتاورخمشی را در اتصال دوبل مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس نتایج این تحقیق مقاومت‌کششی بستگی به قطر دوبل، نوع چسب، طول نفوذ دوبل‌ها در عضوهای اتصال، نوع گونه چوبی دوبل و عضوهای اتصال دارد. همچنین گشتاورخمشی در ارتباط مستقیم با فاصله بین دوبل‌ها تغییر میکند. Smardzewski و همکاران (2002) توزیع تنش را در سه اتصال جاشونده مبلمان از جنس چوب، فلز و پلاستیک به روش عناصر محدود را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد که در اتصال فلزی میزان جابجایی اتصال بیشتر بوده و شکست دیرتر اتفاق می‌افتد ولی دوبل بار بیشتری را تحمل می‌نماید. Smardzewski و همکاران (2004) توزیع تنش را در اتصال دوبل و زبانه و کم به روش عناصر محدود در اسکلت مبلمان مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تمرکز تنش در اتصال دوبل در قسمت میانی عضو دوبل و کناره‌های حفره‌ها ایجاد شده در عضوها حداکثر می‌باشد و در اتصال زبانه و کم تمرکز تنش در قسمت فوقانی زبانه می‌باشد.

مواد و روشها

مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: چوب گونه‌های راش *(Fagus orientalis)*، توسکا *(Alnus subcordata)*، نوئل *(Picea glauca)* و دوبل و چسب سفید نجاری (پلی‌وینیل استات) دوبل مورد استفاده از گونه ممرز که دوبل متداول در بازار است، تهیه شده است. دوبل‌ها از نوع صاف با قطر (٦، ۸ و ۱۰) میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفتند. طول دوبل‌ها ۳/۸ سانتی‌متر و فاصله بین آنها ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. شکل و ابعاد نمونه‌های

آزمایشی برای اتصالات دوبل ۲/۵×۵×۵ سانتی‌متر بود که برای تهیه اتصالات آزمایشی T شکل استفاده شد (شکل ۱).
برای مونتاژ نمونه‌ها ابتدا عضوهای اتصال توسط دریل رومیزی سوراخ‌کاری شده، عمق سوراخ‌کاری در هر عضو اتصال ۲ سانتی‌متر بوده که در مجموع دو عضو ٤ سانتی‌متر شده است، که مقداری از طول دوبل‌ها بیشتر است، که این فضای اضافی به منظور چسب‌خوری بهتر ایجاد شد. برای ساخت اتصالات ابتدا دوبل، آغشته به چسب پلی‌وینیل استات شد و بعد وارد عضوهای اتصال گردید. هر اتصال بعد از ساخت به مدت یک شبانه‌روز در پرس نجاری در دمای محیط کارگاه قرار گرفت و پس از آن به مدت ۳ هفته در محیط کارگاه متعادل‌سازی گردید.

برای اعمال بارهای کششی و گشتاورخمشی از دستگاه آزمون مکانیکی استفاده شد. این دستگاه داده‌های هر آزمایش را به صورت منحنی ترسیم می‌کند. اعمال بار توسط دستگاه آزمون مکانیکی تا مرحله جداسازی عضوهای اتصال از یکدیگر یعنی در محلی که منحنی اعمال بار افت می‌کند صورت گرفته است. سرعت بارگذاری مطابق تحقیق توسط Eckelman (2003) برای بررسی مقاومت‌کششی اتصال دوبل در تخته‌لایه و O.S.B انجام شده بود که ۱/۲۵ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم شد. برای بررسی توزیع تنش و شبیه‌سازی اتصالات از روش عناصر محدود و نرم‌افزار مهندسی ANSYS استفاده شد که نرم‌افزار شبیه‌ساز در علم مکانیک است. در این بررسی اتصالات به صورت مجازی طراحی شده و تحت بارها و شرایط مورد نظر قرار گرفته و نرم‌افزار پراکنش تنش را در قسمت‌های مختلف اتصال نشان می‌دهد.

مراحل کار با نرم‌افزار ANSYS به صورت زیر است:

۱- سطح آغازین

تعریف و تبدیل مسئله مکانیکی به مدل اجزای محدود

۲- پیش پردازش

تعیین نوعِ المان

تعیین ثابت‌های هندسی

تعیین خصوصیات مواد

ساخت مدل اجزای محدود

مش‌بندی

اعمال شرایط مرزی و بار بر روی مدل

۳- مرحله حل مسئله

انتخاب نوع تحلیل

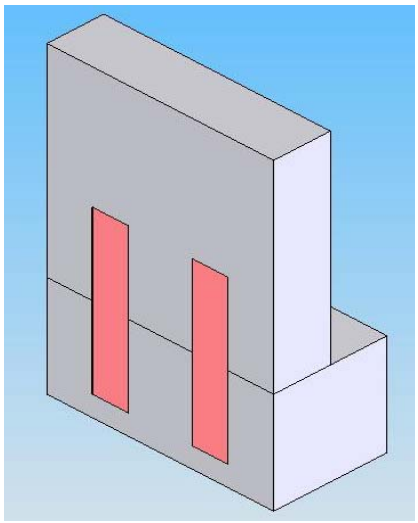
اعمال شرایط مرزی و بار

انتخاب نوع تحلیل‌گر و حل مسئله

٤- پس پردازش

مشاهده نتایج

نتایج



شکل ۱- نمونه آزمایشی T شکل در اتصالات دوبل (برش از میان اتصال)

بررسی و تجزیه و تحلیل آماری نتایج تجربی حاصل از آزمایش‌های مکانیکی

در این بررسی برای تجزیه و تحلیل اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیرها بر مقاومت‌کششی و گشتاورخمشی از آزمون تجزیه واریانس استفاده شده است.

جدول۱- تجزیه و تحلیل اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیرها بر مقاومت‌کششی گونه‌های چوب مورد بررسی

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
قطر دوبل	۱۲۸٤۲۹/۱	۲	٦٤۲۱٤/٥٥	۸۸٦/٥٤۸	۰/۰۰۰۱
گونه	۲۰۸۲۷۸/۳۱	۲	۱۰٤۱۳۹/۱٥	۳٥/۹٥۲	۰/۰۰۰۱
قطر دوبل و گونه	۲۱۹۸٥/۸۹٤	٤	٥٤۹٦/٤۷٤	۷٥/۸۸٤	۰/۰۰۰۱

همان طوری که در جدول ۱ مشخص است در گونه‌های مختلف اثر متغیر مستقل قطردوبل بر مقاومت‌کششی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است و همچنین اثر قطردوبل و گونه نیز در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است.

جدول ۲- تجزیه و تحلیل اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیرها بر گشتاورخمشی گونه‌های چوب مورد بررسی

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
قطر دوبل	۱٦۹٦٤/۹٦۳	۲	۸٤۸۲/٤۸۲	٥٦/٦۷٥	۰/۰۰۰۱
گونه	٤۲۲۹/۳٦۱	۲	۲۱۱٤/٦۸	۱٤/۱۲۹	۰/۰۰۰۱
قطر دوبل و گونه	۸۷۱۸/٤۰۳	٤	۲۱۷۹/٦۰۱	۱٤/٥٦۳	۰/۰۰۰۱

همان طوری که در جدول ۲ مشخص است در گونه‌های مختلف اثر متغیر مستقل قطردوبل بر گشتاورخمشی در سطح ۹۹ معنی‌دار است و همچنین اثر متقابل قطردوبل و گونه نیز در سطح ۹۹ درصد معنی‌داری است.

بررسی و مقایسه مدل‌های تجربی و مدل‌های عناصر محدود

به منظور مقایسه نتایج شبیه‌سازی با نتایج تجربی، مدل‌های تجربی را با مدل‌های عناصر محدود مقایسه نمودیم، به طوری که مدل‌های تجربی نشان‌دهنده مقاومت اتصالات و مدل‌های عناصر محدود نشان‌دهند میزان تنش در اتصالات در اثر اعمال بار ثابتی بودند.

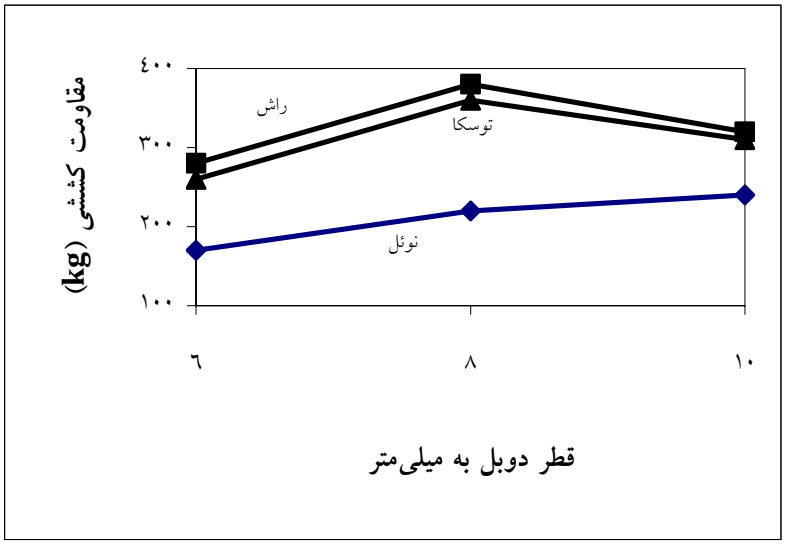
جدول ۳- تغییرات تنش‌حداکثر در اعمال بار کششی به روش عناصر محدود در اتصال دوبل (MPa)

قطر دوبل	فاصله بین دوبل‌ها	گونه		
		راش	توسکا	نوئل
٦		٤٢/٢٣	٥٧/٩٦	٦٢/٦٣
٨	٢/٥	٢٨/٢٥	٣٠/٥٣	٣٣/٠٤
١٠		٢٩/٦٣	٥٧/٩٦	٣٣/٥٥

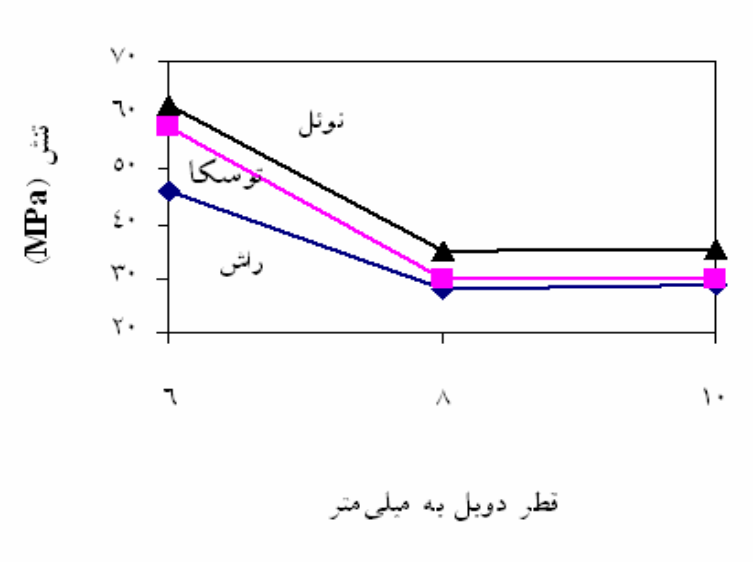
همان طوری که در جدول ۳ قابل مشاهده است با تغییر قطر دوبل از ٦ به ٨ میلی‌متر میزان تنش ایجاد شده در اتصال در اعمال بار ثابت بر آن میزان تنش کاهش یافته است، در نتیجه ترکیب اتصال مقاومت بالاتری را نشان داده است که نتایج حاصل با تحقیقات Smardzewski (۲۰۰٤) روند مشابهی را نشان می‌دهد. لازم به ذکراست که روند تغییرات در روش عناصر محدود و روش تجربی کاملاً یکسان بوده و این دو روش نتایج مشابهی را نشان می‌دهند.

جدول ٤- تغییرات تنش‌حداکثر در اعمال بار خمشی به روش عناصر محدود در اتصال دوبل (MPa)

قطر دوبل	فاصله بین دوبل‌ها	گونه		
		راش	توسکا	نوئل
٦		٢٩/٧٦	٣٠/٩٩	٣١/٤٩
٨	٢/٥	١٩/٩٩	٢١/٩٩	٢٢/٥٨
١٠		١٨/١٦	١٩/٤١	٢٠/٤٥

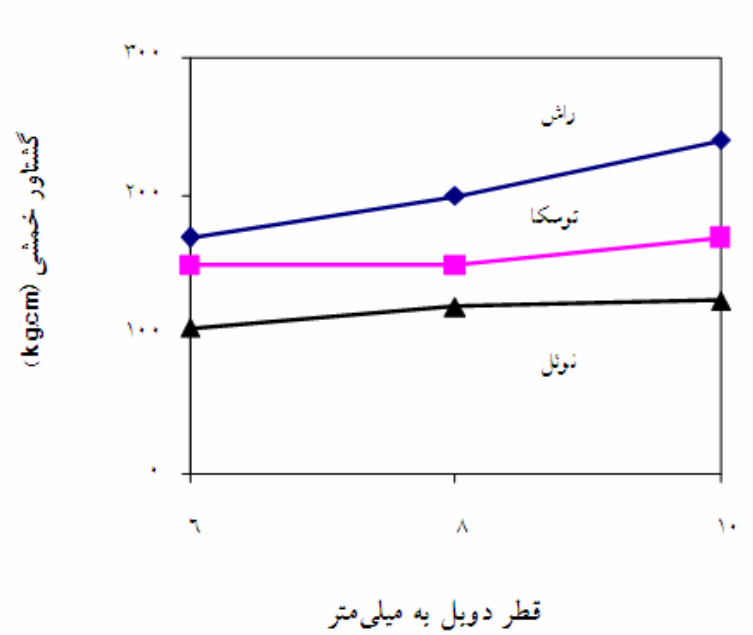


نمودار ۱- تغییرات مقاومت‌کششی در اتصال دوبل (روش تجربی)

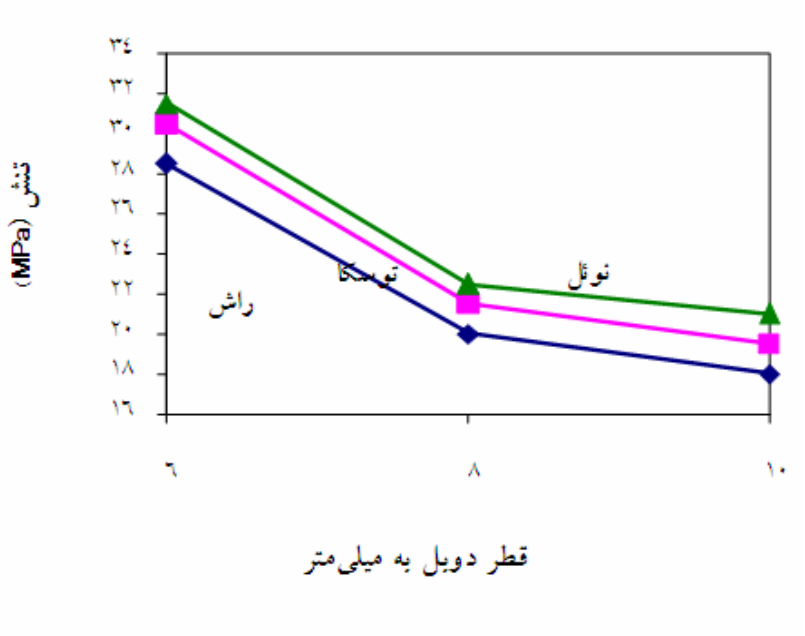


نمودار ۲- تغییرات تنش در اعمال بارکششی در اتصال دوبل (روش عناصر محدود)

همان طوری که در جدول ٤ قابل مشاهده است با افزایش قطر دوبل از ٦ به ۱۰ میلی‌متر میزان تنش در عضوهای اتصال کاهش یافته و با مقایسته نتایج روش عناصر محدود با روش تجربی درمی‌یابیم که روند تغییرات مشابه بوده و این دو روش نتایج یکسانی را نشان می‌دهند. به طوری که نتایج حاصل با نتایج Smardzewski (۲۰۰۲) مطابق است.



نمودار ۳- تغییرات گشتاورخمشی در اتصال دوبل (به روش تجربی)



نمودار ٤- تغییرات تنش در اعمال بار خمشی در اتصال دوبل (روش عناصر محدود)

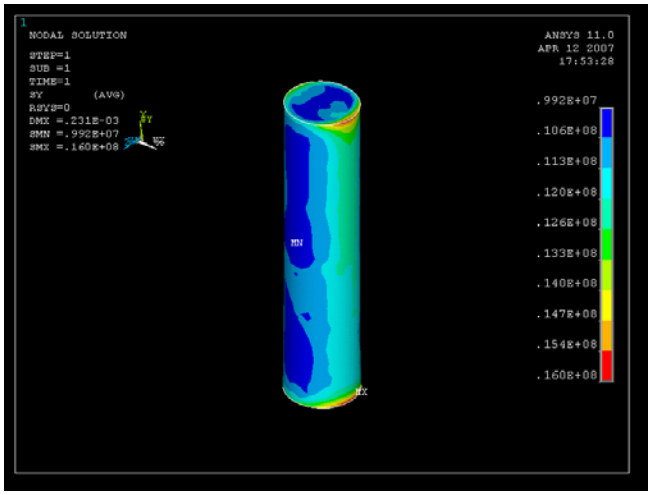
همان طوری که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود با افزایش قطردوبل از ٦ به ۸ میلی‌متر مقاومت‌کششی افزایش می‌یابد و با افزایش قطردوبل به ۱۰ میلی‌متر مقاومت‌کششی کاهش می‌یابد در بررسی میزان تنش در اتصال دوبل نیز با افزایش قطردوبل از ٦ به ۸ میلی‌متر میزان تنش کاهش و از ۸ به ۱۰ متر افزایش می‌یابد که کاملاً نشان دهنده این است که مدل عناصر محدود بر مدل تجربی منطبق است (Smardzewski 2004). مقاومت اتصال دوبل با گونه راش بیشتر از توسکا، توسکا بیشتر از نوئل می‌باشد.

در مورد بررسی گشتاورخمشی همان طور که در نمودار۳ مشاهده می‌نمایید با افزایش قطردوبل از ٦ به ۸ و ۸ به ۱۰ میلیمتر مقاومت‌خمشی اتصالات افزایش می‌یابد که در مدل عناصر محدود نیز روند تغییرات تنش از قطردوبل ٦ به ۱۰ میلیمتر میزان تنش کاهش می‌یابد و کاملاً مدل تجربی بر مدل عناصر محدود منطبق است (نمودار٤).

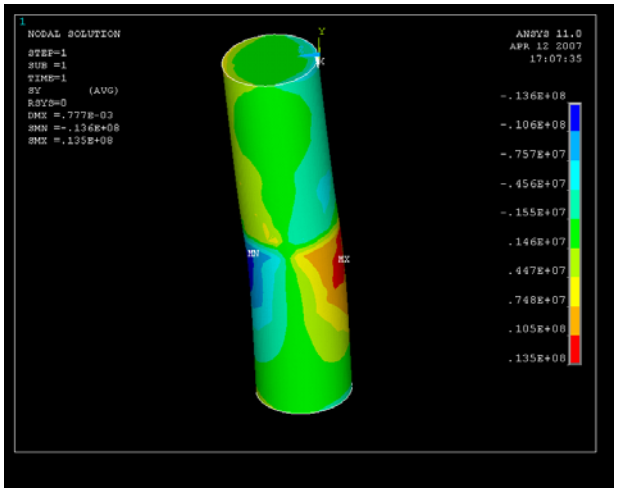
بررسی و تجزیه و تحلیل توزیع تنش و پیش‌بینی شکست در اتصال دوبل به روش عناصر محدود

به منظور بررسی توزیع تنش و پیش‌بینی شکست در اتصالات، مدل‌های عناصر محدود و مدل‌های شکست در حالت تجربی باهم مقایسه شدند.

همان طور که در شکل۲ مشاهده می‌شود میزان تنش در دو سطح مقطع دوبل تحت اعمال بارکششی حداکثر است و در شکل۳ نیز مشاهده می‌شود که جداسازی بین دوعضو اتصال بوده، که نشان‌دهنده جابجایی دوبل عضوهای اتصال است.



شکل ۲- تغییرات توزیع تنش در دوبل در بررسی مقاومت‌کششی



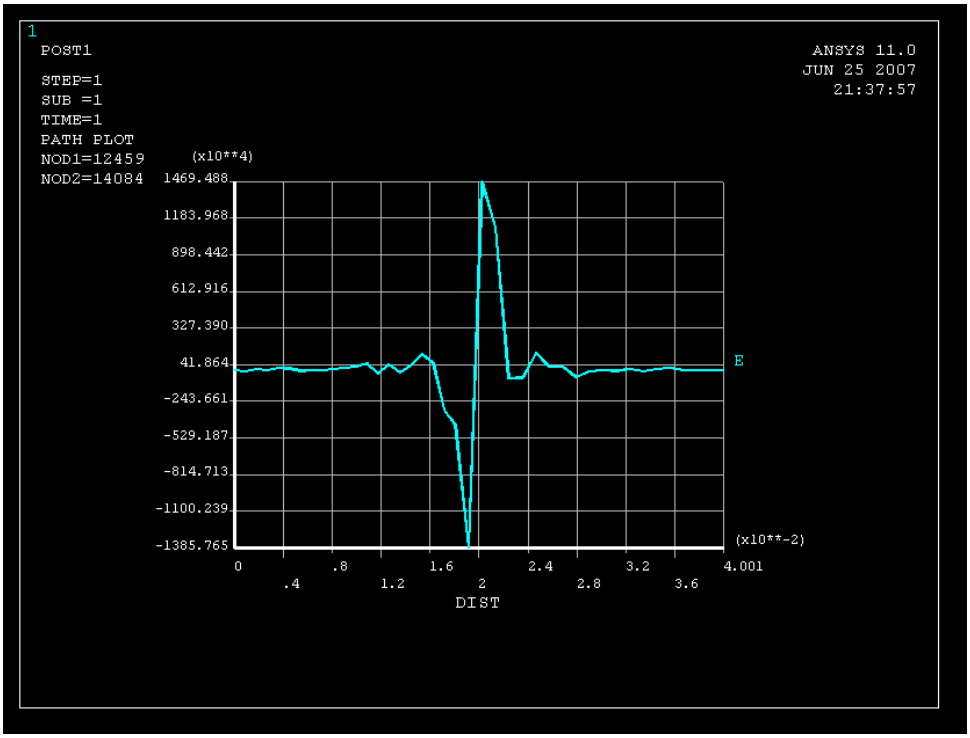
شکل ٤- تغییرات توزیع تنش در دوبل در بررسی مقاومت گشتاورخمشی

شکل ۳- نحوه شکست و جدایی در دوبل در بررسی مقاومت کششی

با توجه به شکل ٤ میزان تنش در قسمت میانی عضو دوبل حداکثر و از نوع تنش کششی و در قسمت پایینی عضو دوبل تحت تنش فشاری حداکثر است و در حالت تجربی نیز در قطرهای پایین (٦ میلی‌متر) شکست در دوبل، ولی با افزایش قطر دوبل به ۸ و ۱۰ میلی‌متر شکست در عضوها اتفاق می‌افتد.

بحث

توزیع تنش در بررسی به روش عناصر محدود در اتصال دوبل در نواحی اطراف حفره به سمت کناره‌های عضو متمرکز است که میزان حداکثر بودن تنش در این نواحی با نواحی شکست در اتصالات واقعی مطابقت می‌نماید. به نحوی که با کم شدن فاصله بین حفره دوبل با لبه عضوهای اتصال بدلیل افزایش قطردوبل ضخامت مناسب بین حفره و لبه‌های عضو کاهش یافت و بدنبال این موضوع مقاومت‌کششی اتصال کاهش می‌یابد و میزان تنش در این نواحی افزایش می‌یابد، به طوری که نتایج با نتایج(2004) Smardzewski مطابق است. بطور کلی در اتصال دوبل در اعمال بار خمشی تنش در میانه دوبل حداکثر می‌باشد و با افزایش قطردوبل مقاومت اتصال در برابر بارخمشی افزایش می‌یابد. شکست در حالت تجربی در ناحیه‌ای اتفاق می‌افتد که تنش حداکثر است. امّا در دوبل‌های با قطر٦ میلی‌متر شکست در عضو دوبل بوجود می‌آید، ولی در اتصالات با دوبل قطرهای ۸ و ۱۰ میلی‌متر به علت افزایش مقاومت



شکل ۵- تغییرات توزیع تنش در طول دوبل (بررسی مقاومت گشتاورخمشی)

دوبل‌ها، شکست در عضوهای اتصال رخ می‌دهد که نتایج حاصل با نتایج Smardzewski (2002) مطابق است.

نتایج عددی حاصل از روش عناصر محدود که نشان‌دهنده میزان تنش در قسمتهای مختلف اتصال است نشان می‌دهد که با افزایش قطر دوبل از ٦ به ٨ میلی‌متر در اعمال بار کششی (ثابت) میزان تنش کاهش در نتیجه مقاومت اتصال افزایش می‌یابد و روند این تغییرات همانند روند تغییرات میزان مقاومت اتصال در روش تجربی است. در بررسی خمشی به روش عناصر محدود میزان تنش در اتصال با افزایش قطر افزایش می‌یابد و نوع و شکل تغییرات در روش عناصر محدود مشابه روش تجربی است و نتایج حاصل با نتایج Smardzewski (2004) مطابق است. بطور کلی باتوجه به بررسی‌های تجربی و روش عناصر محدود انجام شده می‌توان این موضوع را ارائه نمود که بطورکلی روش محاسبات عددی روشی مناسب‌تر و دقیق‌تر در بررسی بارهای وارده بر اتصالات در سازه‌های چوبی و مقاومت اتصالات نسبت به معادلات تجربی ارائه شده در این زمینه می‌باشد. این روش کاربرد بالایی در پیش‌بینی میزان تنش و کرنش در اتصال در تحت اعمال بارهای مختلف و بررسی تغییرات مقاومتی آن در اثر تغییر متغیرهای مؤثر بر مقاومت اتصال دارد. نتایج حاصل از این روش مطابقت زیادی با نتایج تجربی دارد. به طورکلی به نتایج روش عناصر محدود می‌توان اطمینان کافی داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در به ثمر رسیدن این طرح پژوهشی (تحت عنوان بررسی مقاومت کششی و

گشتاور خمشی در اتصال دوبل، که مقالهٔ حاضر مستخرج از آن می‌باشد)، سپاسگزاری می‌نمایم.

منابع مورد استفاده

-Eckelman, A.2003. Text book of product Engineering and strength Design of Furniture purdue univ. west lafyette.
-Liuw., Eckelman, A.1998. Effect of number of Fastners on the strenghth of corner joints for cases. Forest product journal, 48:1,P93-95
-Smardzewski, j. and prek Rad, s. 2002. Stress Distribution Furniture Electronic Journal of polish agricultural university wood technology .V(5), 12
-Smardzewski, Jond papu, G.A. 2004. Stress Distribution in angle joints of skelection furniture Electronic Journal of polish agriculture universities, wood technology .V(7) I(1)
-Thomas G. Williamson P.E.2002. APA Engineering wood hand book. 6441 cares.
-Wang y.suw. wang zr. 1998. fategue life of T and L type Furniture joints forest product journal. P227-286.
-Wilkinson, I.L .1991 .Dowel bearing strength Research per forest products labrotary.No.FPL -rp -505, 9p.
-Zhang, J and Erdil,y.and Eckelman,A.2002.Lateral molding strength of dowel joints construction of plywood and O.S.B .Forest products J .v(52) No .7/8, P .83-88

Stress analysis and failure prediction in dowel joint by FEM

Lashgari, A. *

*. Corresponding Author, Assist. Prof. of Wood and Paper. Karaj Branch. Islamic Azad, University
Email: amir.lashgari@kiau.ac.ir

Received: Dec., 2011 Accepted: Aug., 2011

Abstract

In this study, distribution pattern and tension concentration as well as failure prediction in dowel joint were analyzed. The effect of dowel diameter (6, 8, 10 mm) and wood type (Beech, Alder and white spruce) on tension resistance and bending moment were examined. The dimensions for making T-form joints were 5×5×2/5 cm. Wooden dowel used in this research was carpinus betulus which accounts as the common dowel in market. Also, PVA was used in Joints. A total of 36Tshape samples comprising 9 combinations of the above factors in 4 replications were made. Tension resistance and bending moment were measured by mechanical test machine. For exertion strength due to analyzing the resistance loading speed equal to 1.25 mm/min were applied. Also, to analyze distribution pattern and tension concentration in affected joints, finite element method and ANSYS Software were used. According to the results of the simulation modeling, joint which endured the maximum tension complied with the real joints. Distribution of tension in the middle of the bending moment depth was greatest and tension in dowel joints was concentrated in impaired points .

Keywords: Stress, Dowel joint tension –Bending moment, Finite element method.