

بررسی مقاومت کششی اتصال پین چوبی ممرز

امیر لشگری¹

تاریخ دریافت: 89/11/24 تاریخ پذیرش: 90/5/12

چکیده

به منظور بررسی مقاومت کششی در اتصال پین چوبی (دوبل) اثر قطر پین چوبی در سه مقدار 6، 8 و 10 میلی متر و فاصله بین پین ها در سه مقدار 20، 25 و 30 میلی متر در 3 نوع گونه چوبی راش (*Fagus orientalis*)، توسکا (*Alnus subcordata*) و نوئل (*Picea abies*) مورد توجه قرار گرفت. برای ساخت اتصالات T شکل ابعاد عضوها 5x5x2/5 سانتی متر در نظر گرفته شد. نوع گونه چوبی پین مورد استفاده در این تحقیق از جنس ممرز (*Carpinus betulus*) بود که پین چوبی متداول در بازار است. چسب مورد استفاده به عنوان ماده کمکی نیز پلی وینیل-استات (چسب سفید نجاری) می باشد. از ترکیب عوامل متغیر فوق در اتصال پین چوبی 27 تیمار به وجود آمد که با توجه به 4 تکرار جمعاً 108 نمونه T شکل ساخته و مقاومت کششی اتصالات هر یک اندازه گیری شد. نتایج حاصل از آزمون های مکانیکی حاکی از آن است که بیشترین مقاومت کششی مورد بررسی مربوط به اتصالات گونه راش و کمترین مقدار آن مربوط به گونه نوئل است. ضمن آن که بیشترین و کمترین مقاومت کششی به ترتیب مربوط به پین با قطر 8 و 10 میلی متر می باشد. با افزایش قطر دوبل از 6 به 8 میلی متر مقاومت کششی افزایش و با افزایش قطر دوبل به 10 میلی متر مقاومت مزبور کاهش می یابد. بیشترین مقاومت کششی مربوط به فاصله 25 میلی متری می باشد.

واژه های کلیدی: مقاومت کششی، اتصال T شکل، پین چوبی، پلی وینیل استات

1- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج - گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ - کرج - ایران.

مقدمه

در سازه‌های چوبی، کلیه قطعات به‌طور مختلف به یکدیگر وصل شده‌اند و اتصالات از بخش‌های اصلی سازه هستند. اتصالات، بار وارده را به‌طور پیوسته تحمل می‌کنند و بنیان سازه را به‌وجود می‌آورند. شواهد نشان می‌دهد که اتصالات، ایمنی سازه و زیبایی آن را تضمین می‌نمایند. در طراحی اتصالات توجه به سه عامل بسیار حایز اهمیت است.

1- شکست اتصال

2- بهینه‌کردن مصالح چوبی در محل اتصال

3- طراحی و ساخت نادرست سازه [3].

از آنجاکه حرکت سازه‌های چوبی به سمت خرابی، از نقاط ضعف آنها نشأت می‌گیرد و این نقاط ضعف اتصالات هستند توجه به طراحی اتصالات اهمیت می‌یابد [3]. هرچند مطالعات مکتوب موجود در خصوص طراحی مهندسی اتصالات در سازه مبلمان بسیار محدود می‌باشد. مطالعات کمی برای محاسبه بار وارد بر مقاومت اتصالات و برحسب اندازه آنها صورت گرفته‌است و برای فرموله کردن روابط محاسبات طراحی تلاش زیادی صورت نگرفته‌است. علت اصلی این امر، معمولاً کم و ناکافی بودن مشاهدات تجربی و زیاد بودن متغیرهای درگیر عنوان می‌شود [3]. بدین جهت همگام با توسعه فناوری‌های جدید ساخت مبلمان، تحقیق در فناوری اتصالات اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

ویلکینسون¹ (1991) تحمل بار بین‌چوبی را مورد بررسی قرار داد. نتایج به‌دست آمده نشان-

داد، که تحمل بار در جهت بین متناسب با جرم-ویژه گونه‌چوبی آن است، ولی تحمل بار در بین-هایی که در جهت عمودبرالیاف بارگذاری شوند، متناسب با جرم‌ویژه و قطر بین‌چوبی می‌باشد [4]. ژانگ و اکلمن² (2002) مقاومت اتصال جانبی بین‌چوبی را در تخته‌لایه و تخته‌تراشه‌جهت‌دار با متغیرهای قطر بین‌چوبی و عمق نفوذ بررسی کردند که این تحقیق با هدف اندازه‌گیری توان تخته‌لایه و تخته‌تراشه جهت‌دار نسبت به بارکشی و خمشی بود. براساس نتایج این بررسی مقاومت برشی عرضی سازه‌های با اتصال بین‌چوبی در تخته‌لایه و تخته‌تراشه جهت‌دار بالا می‌باشد [5].

اکلمن و اردیل³ (2002) مقاومت خمشی و کششی اتصال دوبل را در تخته‌لایه و تخته‌تراشه-جهت‌دار ارزیابی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق در خصوص نمونه‌هایی با یک اتصال بین-چوبی، مقاومت کششی به قطر و عمق نفوذ دوبل و دانسیته تخته وابسته است [2].

اکلمن⁴ (2003) تأثیر فاصله بین دوبل‌ها را بر مقاومت کششی و خمشی آن مورد بررسی قرار داد. براساس نتایج وی با افزایش فاصله بین دوبل‌ها مقاومت کششی کاهش می‌یابد، ولی مقاومت خمشی روند صعودی طی می‌نماید. همچنین نتایج نشان می‌دهد که فاصله بین دوبل‌ها باید متناسب با سطح اتصال باشد [3].

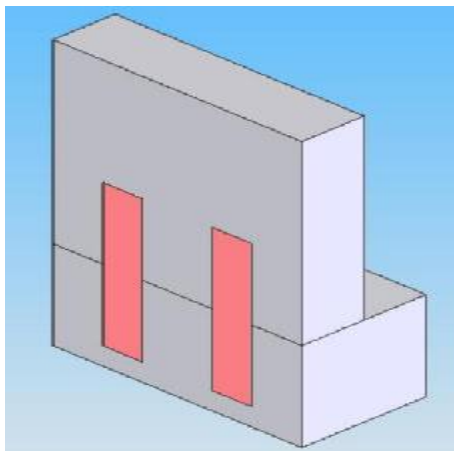
نوری (2003) مقاومت برشی اتصال دوبل را در اتصالات سازه‌ای تخته‌خرده‌چوب، مورد

² - zhang & Eckelman

³ - Eckelman & Erdil

⁴ - Eckelman

¹ - wilkinson



شکل 1- نمونه T شکل (برش داده شده از میانه-
اتصال - شکل ابری اتصال - طول پین‌های چوبی 38
میلی‌متر است)

سپس برای مونتاژ نمونه‌ها، ابتدا سوراخ‌های ایجاد شده در یکی از عضوهای اتصال به چسب آغشته شده و پین در حفره به چسب آغشته، قرار گرفت و سپس همین عمل برای عضو دیگر نیز انجام شد. به طوری که پین نیز به چسب آغشته شد. نمونه‌ها پس از مونتاژ، به مدت یک شبانه‌روز در گیره‌های درودگری در دمای محیط کارگاه پرس شدند و پس از آن به مدت 3 هفته در محیط کارگاه متعادل‌سازی شدند.

برای آزمایش مقاومت اتصال از ماشین آزمون- مکانیکی (اینسترون) مرکز تحقیقات کلارآباد استفاده شد. داده‌های هر آزمایش به صورت منحنی رسم شد. اعمال بار توسط دستگاه آزمون- مکانیکی تا مرحله جداسازی عضوهای اتصال از یکدیگر یعنی تا زمان افت منحنی اعمال بار صورت گرفت. سرعت بارگذاری، $1/25$ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم شد. نحوه بارگذاری مطابق شکل 2 بود [3].

بررسی قراردادده است. براساس این نتایج با افزایش قطر دویل و عمق نفوذ دویل مقاومت- برشی افزایش می‌یابد. همچنین مقاومت برشی اتصالات ساخته شده با دویل آج‌دار بیشتر از مقاومت برشی اتصالات با دویل ساده است [1]. در این مطالعه تاثیر پارامترهای قطر دویل، فاصله بین دویل‌ها و نوع گونه‌چوبی به کار رفته در عضوهای اتصال بر مقاومت کششی اتصال مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق شامل چوب گونه‌های راش، توسکا، نوئل (به علت کاربرد زیاد در صنعت مبلمان)، چسب سفید نجاری و پین چوبی از جنس ممرز برای تشکیل اتصال می‌باشد. نمونه‌های آزمایش به شکل T (به- علت بررسی مقاومت کششی در جهت مماسی عضوهای اتصال) (شکل 1) و به ابعاد $5 \times 5 \times 2/5$ سانتی‌متر از هر گونه چوبی ساخته شدند [3]. پس از برش چوب‌ها به ابعاد مورد نظر، قطعات به- وسیله دریل رومی‌زی سوراخ شدند. لازم به- ذکر است که شکل اتصالات ساخته شده (T شکل) و ابعاد به کار رفته در عضوها طبق بررسی‌های انجام شده توسط اکلمن (2003) می‌باشد که در این تحقیق به عنوان یک روش استاندارد در بررسی مقاومت اتصالات می‌باشد پیروی شده- است [2 و 3]. رطوبت اولیه چوب‌های مورد بررسی در این مطالعه 8 درصد اندازه‌گیری شده- است.

جدول 1- مشخصات چسب پلی‌وینیل استات

PVA	چسب
گرما نرم	توصیف
نیاز ندارد	آماده سازی
6ماه	عمر انبار
10 دقیقه	زمان سوار کردن
2 ساعت در دمای معمولی	مدت عمل کردن
ضعیف	درز پرکنی
ضعیف	مقاومت به رطوبت
با گرما نرم می شود	مقاومت به دما
نجاری- اتصالات	کاربردها
محلول یا امولسیون	حالت
7	PH
استرها، الکلهای سبک	حلال
گچ، کلسیم، کربنات اندود شده	پرکننده ها
6000Cp در دمای 25 درجه	گران روی

عوامل متغیر این بررسی به شرح زیر بود:

1- نوع چوب

راش (*Fagus orientalis*)

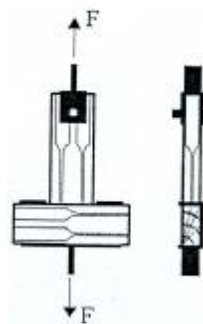
توسکا (*Alnus subcordata*)

نوئل (*Picea abies*)

2- قطر پین چوبی (6، 8 و 10 میلی‌متر)

3- فاصله بین پین‌های چوبی (20، 25 و 30 میلی‌متر)

از ترکیب متغیرهای مختلف 27 تیمار به دست آمد که با توجه به چهار تکرار برای هر تیمار، جمعاً 108 نمونه مورد آزمون قرار گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمون‌های مکانیکی از آزمون تجزیه واریانس براساس آزمون فاکتوریل جهت بررسی اثر مستقل و متقابل متغیرها بر مقاومت کششی استفاده شد و همچنین معادلات رگرسیون مربوطه تعیین گردید. به منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری فوق از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.



شکل 2- نحوه بارگذاری در بررسی مقاومت کششی

نتایج

میانگین مقاومت کششی (Kg) اتصال نمونه‌ها در جدول (2) ارائه شده است.

جدول 2- مقاومت اتصال پین چوبی در برابر بارکششی (Kg)

فاصله به میلی متر	قطر دوپل میلی متر	گونه			میانگین			ضریب تغییرات		
		راش	توسکا	نوتل	راش	توسکا	نوتل	راش	توسکا	نوتل
10	10	335/7	310/4	257/2	325/5	320/25	257	0/05	0/03	0/02
		315/5	315/6	260	310/3	250/1	261/1			
		340/9	320/4	220	365/1	351/2	231/5			
		395/3	363/2	224/9	380/3	350/2	226/7	0/03	0/02	0/21
20	8	380/1	364/2	228/5	380/5	357/25	380/5			
		270/1	251/2	169/4	277/25	256/5	171/5	0/02	0/02	0/06
		284/3	261/8	173/4	277	159/3	183/5			
		315/5	365/5	270/1	315/5	359/9	271/1	0/04	0/02	0/03
25	8	345/9	344/7	260/3	335/5	357/7	270/5			
		341/9	360/7	280/9	360/25	283/25	299/7	0/03	0/03	0/02
		350/1	280/1	299/9	370/4	286/3	307/9			
		370/4	286/3	291/9	364/4	293/2	299/9			
6	6	356/2	273/2	180/5	275	258/5	181/7	0/04	0/04	0/05
		266/1	251/3	183/3	275	258/5	181/7			
		286/3	265/7	190/9	270	249/5	172/9			
		282/4	267/5	203	328	348	203	0/02	0/01	0/02
30	8	328	348	203	346	346	203			
		318	340	200	328	346	203			
		330	352	201	390	270/2	236/5	0/03	0/03	0/05
		336	344	208	390	270/2	236/5			
6	6	377/4	261/2	246/2	276/2	230/5	179	0/02	0/07	0/05
		403	279/4	226/2	276/2	230/5	179			
		390/8	265/3	226/2	279/4	210	181/4			
		390/4	275/3	246/2	279/4	235	169/1			
			270/1	215	179	230/5				
			278/3	210	181/4	276/2				
			279/4	235	169/1	276/2				
			277	250	191/3	276/2				

با توجه به جدول 3، اثر مستقل قطر دوپل، فاصله بین دوپل‌ها و نیز اثر متقابل قطر دوپل و فاصله در سطح اطمینان 99% معنی‌دار می‌باشد.

جدول 3- تجزیه و تحلیل اثرات مستقل و متقابل متغیرها بر مقاومت کششی چوب راش

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مجموعه مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
قطر دوبل	60593/928	2	30296/964	2943/957	0/0001
فاصله	334/649	2	30296/964	2493/957	0/0001
قطر دوبل × فاصله	1765/511	4	441/378	36/333	0/0001

با توجه به جدول 4، اثر مستقل قطر دوبل، فاصله بین دوبل‌ها و نیز اثر متقابل قطر دوبل و فاصله در سطح اطمینان 99% معنی دار می‌باشد.

جدول 4- تجزیه و تحلیل اثرات مستقل و متقابل متغیرها بر مقاومت کششی چوب توسکا

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مجموعه مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
قطر دوبل	52512/538	2	26256/269	661/305	0/0001
فاصله	5218/333	2	2609/166	65/716	0/0001
قطر دوبل × فاصله	17326/182	4	4331/546	109/097	0/0001

با توجه به جدول 5، اثر مستقل قطر دوبل، فاصله بین دوبل‌ها و نیز اثر متقابل قطر دوبل و فاصله در سطح اطمینان 99% معنی دار می‌باشد.

جدول 5- تجزیه و تحلیل اثرات مستقل و متقابل متغیرها بر مقاومت کششی چوب نوئل

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مجموعه مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
قطر دوبل	370/527	2	18654/264	112/752	0/0001
فاصله	9325/577	2	4662/789	28/183	0/0001
قطر دوبل × فاصله	8270/918	4	2067/729	12/498	0/0001

همچنین فاصله و گونه و قطر دوبل در سطح اطمینان 99% معنی داری می‌باشد.

با توجه به جدول 6، اثر مستقل قطر دوبل، فاصله بین دوبل‌ها، گونه و نیز اثرهای متقابل قطر دوبل و فاصله، قطر دوبل و گونه، فاصله و گونه و

جدول 6- تجزیه و تحلیل اثرات مستقل و متقابل متغیرها بر مقاومت کششی چوب‌های مورد بررسی

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مجموعه مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
قطر دویل	128429/1	2	64214/55	886/548	0/0001
فاصله	5208/112	2	2604/056	35/952	0/0001
گونه	208278/31	2	104139/15	1437/749	0/0001
قطر دویل × فاصله	3765/625	4	941/406	12/997	0/0001
قطر دویل × گونه	21985/894	4	5496/474	75/884	0/0001
فاصله × گونه	9670/447	4	2417/612	33/378	0/0001
فاصله × گونه × قطر	23596/986	8	2949/623	40/723	0/0001

متغیرهای مستقل (قطر دویل، فاصله، گونه چوبی) و متغیر وابسته (مقاومت کششی) رابطه مستقیم و خطی برقرار است.

همان‌طوری که جدول 7 نشان می‌دهد مقدار R^2 برابر 0/96 می‌باشد که بیانگر وجود ارتباط بین متغیر وابسته در گونه‌های مختلف چوب و متغیرهای مستقل می‌باشد. به بیان دیگر بین

جدول 7- همبستگی جهت پیش‌بینی مقاومت کششی اتصال دویل در گونه‌های مختلف

مدل رگرسیون	R	مربع R	Adjust R	خطای تخمین
1	0/96	0/96	0/95	54/69

سطح 99 درصد همبستگی پیش‌بینی مقاومت- کششی گونه‌های مختلف توسط متغیرهای مستقل قطر دویل و فاصله می‌باشد.

همان‌طوری که در جدول 8 نمایش داده شده است مقدار F برابر 15/482 و سطح معنی داری آن 0/0001 می‌باشد که بیانگر قابل اعتماد بودن در

جدول 8- تجزیه و تحلیل واریانس مربوط به تخمین مقاومت کششی

مجموعه مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
رگرسیون	2	46321/023		
باقیمانده	105	2991/995	15/482	0/0001
کل	107	----		

جدول 9- ضرایب رگرسیون

ضرایب همبستگی	تخمین خطا	Beta	t	سطح معنی داری
مقدار ثابت	41/611	----	4/153	0/0001
قطر دوبل (X)	3/223	0/47	5/48	0/0001
فاصله (Z)	-12/893	-0/083	-0/967	0/0001

به 8 میلی متر مقاومت کششی افزایش می یابد در حالی که با تغییر قطر دوبل از 8 به 10 میلی متر مقاومت مزبور روند کاهشی را طی می کند در حالی که در چوب نوئل با افزایش قطر دوبل از 6 به 10 میلی متر مقاومت کششی روند مثبتی را طی می کند. به طور کلی روند تغییرات مقاومت کششی با تغییر قطر دوبل را می توان بیان نمود که به علت نزدیک شدن فاصله بین حفره و لبه های عضو و در نتیجه ضعیف شدن عضو در این ناحیه را به دنبال داشته است [3]. در مورد نوئل به نظر می رسد تأثیر قطر در افزایش مقاومت بیش از تأثیر فاصله در کاهش آن باشد [3].

با توجه به جدول ضرایب همبستگی (جدول 9) برای پیش بینی مقاومت کششی در گونه های مختلف، حضور مقدار ثابت در معادله رگرسیون و حضور قطعی دوبل و فاصله در سطح 99 درصد معنی دار است و در نهایت معادله کلی جهت پیش بینی مقاومت کششی در گونه های مختلف به شرح زیر می باشد:

$$Y = (a.x) + (b.z) + C$$

که در آن

Y : مقاومت کششی (Kg)

C : مقدار ثابت

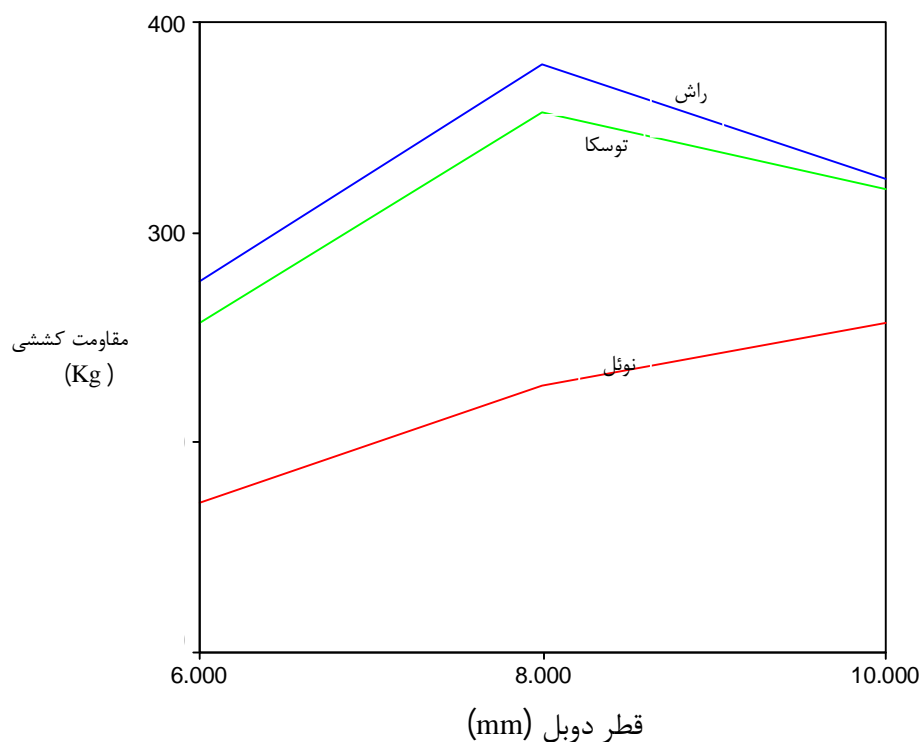
X : قطر دوبل

Z : فاصله بین دوبل ها

a, b : ضرایب همبستگی می باشند

معادله فوق با استفاده از ثابت های موجود در جدول ضرایب رگرسیون و همچنین ارتباط - مستقیم و خطی بین متغیر وابسته (مقاومت کششی) و متغیرهای مستقل (قطر دوبل و فاصله بین دوبل ها) به منظور پیش بینی مقاومت کششی ارایه شده است.

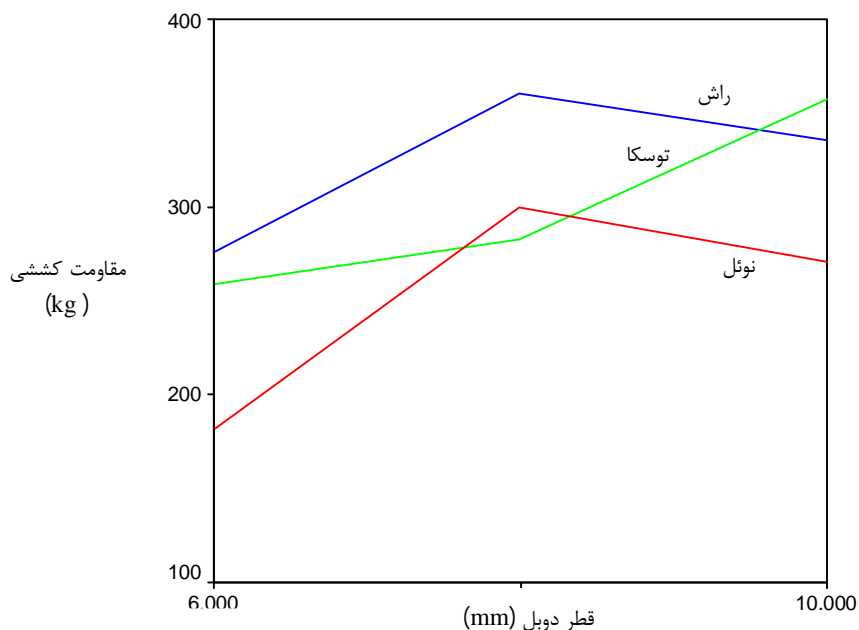
همان طور که در شکل 3 مشاهده می شود با افزایش قطر دوبل در دو گونه راش و توسکا از 6



شکل 3- تغییرات مقاومت کششی در اتصال دوبل در سه چوب مورد بررسی در فاصله 2 سانتی متر

از توسکا و توسکا بیشتر از نوئل است و فقط اتصال دوبل در قطر 10 میلی‌متر در گونه توسکا مقاومت بالاتری نسبت به راش نشان می‌دهد که علت این امر را می‌توان در سطح چسب‌خوری جستجو کرد به طوری که در چوب توسکا در هنگام ایجاد حفره سطح کاملاً صافی ایجاد می‌شود که سطح چسب‌خوری کاملاً یکنواخت و صافی را ایجاد می‌نماید [2].

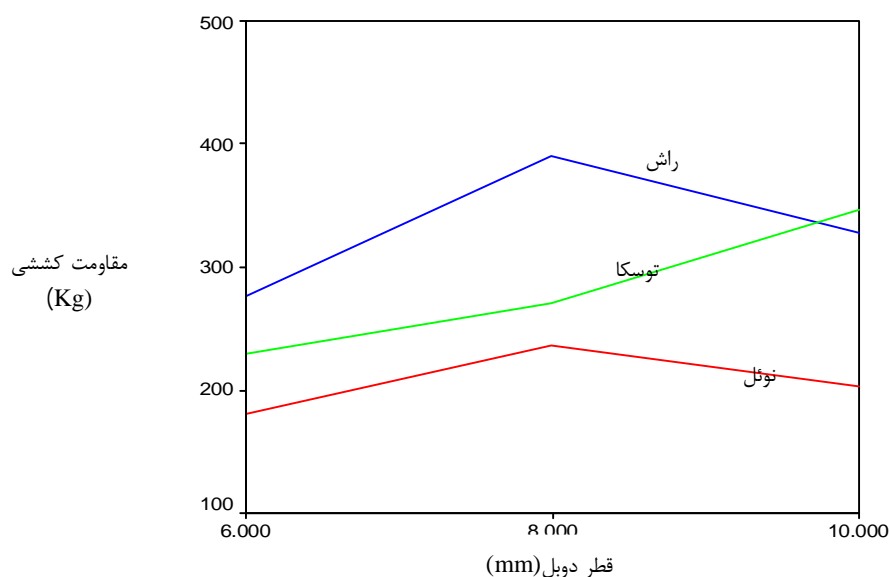
همان‌طور که در شکل 4 مشاهده می‌شود با افزایش قطر دوبل در گونه راش و نوئل از 6 به 8 میلی‌متر مقاومت کششی روند افزایشی دارد، در حالی که با تغییر قطر دوبل از 8 به 10 میلی‌متر، مقاومت مزبور روند کاهشی طی می‌کند، اما در گونه توسکا با افزایش قطر دوبل از 6 به 10 میلی‌متر مقاومت کششی روند افزایشی دارد. ضمن آن که مقاومت کششی در گونه راش بیشتر



شکل 4- تغییرات مقاومت کششی در اتصال دوپل در سه چوب مورد بررسی در فاصله 2/5 سانتی متر

قطر دوپل از 6 به 10 میلی متر مقاومت مورد بررسی افزایش می یابد که دلیل این تفاوت را می توان در سطح چسب خوری مناسب (سطح صاف و یکنواخت چسب) در گونه توسکا و افزایش این سطح در قطر 10 میلی متر بیان نمود [3].

همان طور که در شکل 5 مشاهده می شود با افزایش قطر دوپل در گونه راش و نوئل از 6 به 8 میلی متر مقاومت کششی روند افزایش دارد در حالی که با تغییر قطر دوپل از 8 به 10 میلی متر مقاومت مزبور روند کاهشی را در هر دو گونه طی می کند در حالی که در گونه توسکا با افزایش



شکل 5- تغییرات مقاومت کششی در اتصال دوپل در سه چوب مورد بررسی در فاصله 3 سانتی متر

بحث و نتیجه‌گیری

در اتصال رابطه مستقیم دارد. درحالی که در بررسی موجود، نتایج حاصل از بررسی مقاومت کششی قطر دوپل 6 و 8 میلی‌متر با نتایج حاصل از معادله تجربی پیش‌بینی مقاومت کششی در اتصال دوپل مطابق بود [3] ولی در قطر 10 میلی‌متر نتایج، حاصل روند معکوس نشان می‌دهد. این مغایرت را می‌توان این گونه بیان نمود که به طور کلی افزایش قطر دوپل باید متناسب با ابعاد عضوهای اتصال باشد در غیر این صورت باعث ضعیف شدن مقاومت عضوهای اتصال در برابر تنش برشی می‌شود. با توجه به نتایج حاصل می‌توان این گونه بیان نمود که مقاومت کششی اتصال دوپل به عامل‌های زیادی وابسته است که ممکن است در هر یک از ترکیب متغیرها، یک عامل خاص نقش اصلی را بر عهده داشته باشد. برای ابعاد اتصال به کاررفته در این آزمون دوپل 8 مناسب‌ترین دوپل برای ایجاد اتصال معرفی می‌شود. معادله ارایه شده به منظور پیش‌بینی مقاومت کششی به دلیل رابطه مستقیم و خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل در سطح 99 درصد نتایج نزدیک به واقعیت را ارایه می‌نماید.

در بررسی مقاومت کششی در اتصال دوپل، قطرهای 6 و 8 میلی‌متری مقاومت بالاتری در گونه راش به دلیل مقاومت برشی موازی الیاف بیشتر و مدول الاستیک بالا از خود نشان دادند. ولی در قطر 10 میلی‌متری گونه توسکا مقاومت بالاتری از خود نشان داد که این امر را می‌توان به سطح چسب‌خوری مناسب در سطوح بدون پرز حفره‌ها در گونه توسکا نسبت داد، در مقایسه با دو گونه دیگر [3] در اتصال دوپل روند تغییرات مقاومت کششی از قطر 6 به 8 میلی‌متر افزایش است که علت این امر را می‌توان در افزایش مقاومت دوپل جستجو کرد [3] ولی با افزایش قطر دوپل به 10 میلی‌متر پیش‌بینی می‌شود که مقاومت کششی روندی صعودی داشته باشد که عکس این موضوع به وقوع پیوست که این موضوع با توجه به نزدیک شدن دوپل‌ها به لبه‌های عضوهای اتصال، همچنین ضعیف شدن اعضا در اثر افزایش قطر حفره‌های دوپل قابل بیان است. با توجه به نتایج و معادلات تجربی ارایه شده مقاومت کششی اتصال دوپل با قطر دوپل و مقاومت برشی موازی الیاف گونه چوبی به کاررفته

2- Eckelman, A., and Erdil , Z ., 2002 . Withdrawal and bending strength of dowel joints construction at plywood and O.S.B., Forest Products Journal. 52:9:66-72.

3- Eckelman, A., 2003. Text book of product Engineering and strength design of furniture. purduc univ.

4- Wilkinson , T.L., 1991 . Dowel bearing strength. Research paper forest products labortary. NO.FPL-rpl-505,9p

5- Zhang, J., and Eckelman, A., 2002 . Lateral holding strength of dowel joints construction of plywood and O.S.B., Forest Products Journal. 52:718-83-88.

منابع:

1- نوری، ح. 1382. بررسی مقاومت برشی اتصال دوپل در اتصال تخته خرده چوب. پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ. دانشگاه تربیت مدرس.