

## بررسی تأثیر نوع اتصال بر روی توزیع تنش و نحوه شکست سازه صندلی به روش عناصر محدود

سهیلا زمانی نسب<sup>۱</sup>، امیر لشگری<sup>۲\*</sup> و آژنگ تاج دینی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

پست الکترونیک: amir.lashgari@kiaou.ac.ir

۳- دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۵

### چکیده

در این تحقیق مقاومت و تمرکز تنش بر روی سازه صندلی با تغییر نوع اتصال (اتصال کام و زبانه- اتصال دابل) مورد بررسی قرار گرفت. برای ساخت صندلی‌ها از چوب چنار (*platanus orientalis*) استفاده و برای محاسبه مقاومت صندلی‌ها از دستگاه آزمون مکانیکی با سرعت بارگذاری ۱۲/۷ میلی‌متر بر دقیقه و برای نشان دادن توزیع تنش بر روی عضوهای صندلی از نرم‌افزار انسیس (ANSYS) استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که صندلی با اتصال کام و زبانه و ساختاری ساده و با قیود دارای مقاومت بیشتر و توزیع تنش کمتری نسبت به صندلی با اتصال دابل با ساختار ساده و با قیود بوده و تأثیر نوع اتصال روی مقاومت صندلی معنی‌دار بود. توزیع تنش نشان داده است که تنش حداکثر بر روی اتصالات افقی صندلی قابل مشاهده هست. مدل‌های عناصر محدود نشان می‌دهند که توزیع تنش در صندلی‌های با اتصال کام و زبانه یکنواخت‌تر هست.

واژه‌های کلیدی: اتصال دابل، اتصال کام و زبانه، نرم‌افزار انسیس، توزیع تنش، عناصر محدود.

### مقدمه

هست. دانش در زمینه رفتار مکانیکی اتصالات اهمیت خاصی برای مهندسان سازه دارد. در حقیقت کاربرد و دوام سازه چوبی وابستگی خاصی به طراحی اتصالات میان اجزاء آن دارد (Keith, 1995). مقدار فشردگی، کشیدگی و خمیدگی یا هر نوع تغییر شکل در یک سازه‌ای که به آن نیرو وارد می‌شود، توسط مقاومت آن در برابر تغییر شکل تعیین می‌شود. (Safdari et al., 2009) آزمایش اتصالات به روش عناصر محدود (FEM) یکی از راه‌هایی است که می‌توان با آن به بررسی و مطالعه رفتار اتصالات تحت نیرو پرداخت (Keith, 1995). انسیس از دسته نرم‌افزارهای تحلیلی است که

با توجه به افزایش مصرف سازه‌های چوبی، دقت در طراحی و ساخت این سازه‌ها به صورت گسترده در حال پیگیری است (Ebrahimi, 1997). رفتارهای مکانیکی سیستم‌های میلمان به عناصر به‌کار برده شده و تکنیک اتصالی که برای متصل کردن این عناصر مورد استفاده قرار می‌گیرد، بستگی دارد. با توجه به تنوع زیاد سازه‌های چوبی و استفاده خاص از آنها، یکی از مهمترین بخش‌های سازه که نقش مؤثری در استحکام آن دارد، اتصالات آن است و از طرف دیگر، این قسمت ضعیف‌ترین قسمت سازه چوبی

می دهد که این خود به تشخیص نقاط بحرانی کمک بسزایی خواهد کرد.

### مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق عبارت‌اند از:

چوب چنار (*Platanus orientalis*)، دویل ساده (ممرز) و چسب پلی ونیل استات (جدول ۱). دویل‌ها از نوع صاف با طول ۵ سانتی‌متر و قطر ۱ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت که فاصله بین آنها ۱/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. طول زبانه‌های ایجادشده در انتهای عضوها برای ساخت اتصالات کام و زبانه ۲ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۳/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

#### متغیرهای تحقیق

نوع اتصال (دویل - کام و زبانه)

#### روش ساخت صندلی

الوارهای درجه‌یک از چوب چنار (*Platanus orientalis*) از بازار تهیه و به کارگاه صنایع چوب منتقل شد. پس از یک هفته الوارها را به ابعاد سانتیمتر برش داده و به مدت دو هفته به منظور متعادل‌سازی رطوبتی در کارگاه قرار داده شدند. پس از آن با استفاده از گندگی چوب‌ها به ابعاد نهایی ۲/۵، ۵/۵ و ۸۲ سانتی‌متر رسانده شدند (طبق استاندارد *ASTM D 1761 - 88 R95*). برای ساخت صندلی‌ها اتصالات در انتهای عضوها طراحی شد. با توجه به متغیرهای این تحقیق ۲ نوع صندلی و هریک در ۴ تکرار ساخته و به منظور بررسی تأثیر نوع اتصال صندلی چوبی بر نحوه توزیع تنش از دو روش آزمون مکانیکی و روش عناصر محدود استفاده گردید.

#### آزمون مکانیکی

به منظور بررسی مقاومت مکانیکی و نحوه شکست صندلی‌ها از دستگاه آزمون مکانیکی (اینسترون) با سرعت بارگذاری ۱۲/۷ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد (Eckelman, 2003).

از روش عناصر محدود (FEM) برای مدل‌سازی و تحلیل در آن استفاده می‌شود (Jahedmotlagh *et al.*, 2000). در این تحقیق به بررسی توزیع تنش و نحوه شکست در اسکلت صندلی چوبی خواهیم پرداخت.

Prek و Smardzewski (۲۰۱۴) توزیع تنش را در اتصال دویل و کام و زبانه به روش عناصر محدود در اسکلت مبلمان مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد که تمرکز تنش در اتصال دویل در قسمت میانی عضو دویل و کناره‌های حفره‌های ایجادشده در عضوها حداکثر هست و در اتصال کام و زبانه تمرکز تنش در قسمت فوقانی زبانه هست. Igor و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی توزیع تنش در اسکلت صندلی پرداخته و یک تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای از نتایج به دست آمده با استفاده از روش عناصر محدود بر اساس مدل صندلی انجام دادند. بر پایه تحقیقات انجام شده پیشنهادهایی در رابطه با نوع المان محدود و پارامترهایی که برای آنالیز صندلی توسط روش المان محدود باید تعریف شوند، به دست آمد. Gustafsson (۱۹۹۵) تأکید کرد که با پیشرفت فناوری برنامه‌های عناصر محدود در بیشتر مراحل فرایند طراحی قابل استفاده است. وی در تلاش برای اثبات این ادعا از روش عناصر محدود برای انجام تحلیل ساختاری یک صندلی ساده استفاده کرد و نشان داد که صندلی همان استحکام را حتی در صورتی که اندازه عناصر مورد استفاده کاهش یافته باشد، داراست. Eckelman (۲۰۰۳) به مقایسه اتصال کام و زبانه با اتصال دویل چوبی پرداخت و نتایج به دست آمده از تحقیقات نشان می‌دهد که اتصال کام و زبانه قوی‌تر از اتصال دویل چوبی با قید، ضخامت و سطح یکسان هست.

در این تحقیق برای هریک از اجزا صندلی روش عناصر محدود مورد بررسی قرار گرفته و مش بندی به کار برده شده کوچک‌ترین مش مورد استفاده در این روش هست که این مش توزیع تنش را بسیار واضح نشان داده، همچنین تنش متوسط و تنش واقعی را بسیار با همپوشانی بالا نسبت به سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان

روش عناصر محدود	ساخت مدل عناصر محدود
برای انجام آزمون به روش عناصر محدود از نرم افزار ANSYS استفاده شد. مراحل تجزیه و تحلیل در این روش به شرح زیر است	مش بندی
۱- سطح آغازین	اعمال شرایط مرزی و بار
تعریف و تبدیل مسئله مکانیکی به مدل عناصر محدود (مدول الاستیسیته، مدول برشی، ضریب پواسن)	انتخاب نوع تحلیل
۲- پیش پردازش	۳- مرحله حل مسئله
تعیین نوع عناصر	انتخاب شرایط مرزی و بار
تعیین ثابت های هندسی	انتخاب نوع تحلیل گر و حل مسئله
تعیین خصوصیات مواد	۴- پس پردازش
	مشاهده نتایج
	محاسبات عددی
	معادله تعادل حرکت

$$\int_S \sigma_{ij} n_j ds + \int_V f_i dV = 0 \quad (1)$$

فرمول ترکیب مواد الاستیک

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl} = \frac{1}{2} C_{ijkl} \left( \frac{\partial u_k}{\partial x_l} + \frac{\partial u_l}{\partial x_k} \right) \quad (2)$$

در روابط فوق  $x_j$  مختصات فضایی دکارتی،  $V$  حجم محدود شده به وسیله سطح  $S$ ،  $i, j, k, l$  تانسور تنش،  $n_j$  واحد بیرونی سطح  $S$  و نیروی حجم  $F_i$ ، الاستیک اجزا و تانسور ثابت،  $C_{ijkl}$  تانسور کرنش  $k, j$  و  $u_k$  جابجایی نقطه ای را نشان می دهد.

$$\sigma_{ij} n_j = f_i \text{ and } u_i = u_s \quad (3)$$

$$\begin{Bmatrix} R \\ \dots \\ X \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{RR} & \vdots & K_{RX} \\ \dots & \vdots & \dots \\ K_{XR} & \vdots & K_{XX} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} r_R \\ \dots \\ r_X \end{Bmatrix} \quad (4)$$

روش سختی مستقیم برای ایجاد ماتریس سختی کل سازه  $K$  در نظر گرفته شده است که مربوط به نیروی گره و جابجایی هست. مطابق رابطه  $r_R$  نیروی گره و جابجایی گره مربوط به نیروی گره نامشخص  $X$  است.

$$K_{ik} = \sum_n \bar{k}_{ik}^m \quad (5)$$



یک صورت اعمال و بعد نرم افزار تنش های انجام شده تحت بارگذاری را به صورت حداکثر و حداقل تنش برای هر صندلی نمایش داد. برای مقایسه کلی میانگین مقاومت ها در صندلی های ساخته شده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (تجزیه واریانس) استفاده شد.

### نتایج

طبق نتایج ارائه شده در جدول ۲ صندلی با اتصال کام و زبانه با قید و بافرم ساده دارای مقاومت بیشتر نسبت به صندلی با اتصال دویل با قید و بافرم ساده هست.

برای انجام تحلیل تنش هر عضو سازه به صورت نمونه حقیقی همراه با برش های مناسب ابتدا با رسم هندسه دوبعدی و سه بعدی توسط نرم افزارهای Auto CAD و CATIA مدل سازی شده و در کنار یکدیگر قرار گرفته و سازه صندلی نهایی را تشکیل دادند. سپس این مدل ها به نرم افزار ANSYS ارسال و توسط ANSYS Meshing شبکه های مثلثی با رعایت کیفیت عناصر ترسیم و تحلیل خطی linear elastic static structural بر روی آنها انجام شد. برای مقایسه مدل ها، شرایط مرزی برای تمام سازه ها به

جدول ۱- مشخصات چسب پلی ونیل استات

چسب	توصیف	آماده سازی	عمر انبار	زمان سوار کردن	مدت عمل کردن	درز پرکنی	مقاومت به رطوبت
PVA	گرم نرم	نیاز ندارد	۶ ماه	۱۰ دقیقه	۲ ساعت در دمای معمولی	ضعیف	ضعیف

ادامه جدول ۱

مقاومت به دما	کاربردها	حالت	PH	حلال	پرکننده ها	گران روی
با گرم نرم می شود	نجاری-اتصالات	محلول با امولسیون	۷	استرها، الکل های سبک	گچ، کلسیم، کربنات اندود شده	۶۰۰۰CP در دمای ۲۵ درجه

جدول ۲- میانگین مقاومت صندلی ها در آزمون مکانیکی

انحراف از معیار	میانگین مقاومت مکانیکی (KN)	نوع صندلی
۲/۲±	۲۵/۳۲ KN	صندلی با اتصال کام و زبانه با قید و با فرم ساده
۱/۰۲±	۳۲/۳۴ KN	صندلی با اتصال دویل با قید و با فرم ساده

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس را نشان می دهد که اختلاف معنی داری میان مقاومت صندلی ها با اتصال کام و زبانه و مقاومت صندلی ها با اتصال دویل وجود دارد.

طبق نتایج به دست آمده از جدول ۳ تنش ایجاد شده در صندلی با اتصال دویل با قید و فرم ساده نسبت به صندلی با اتصال کام و زبانه با قید و ساختار ساده بیشتر بوده است.

جدول ۳- نتایج حداکثر تنش تحت اعمال بار در نرم افزار **ansys**

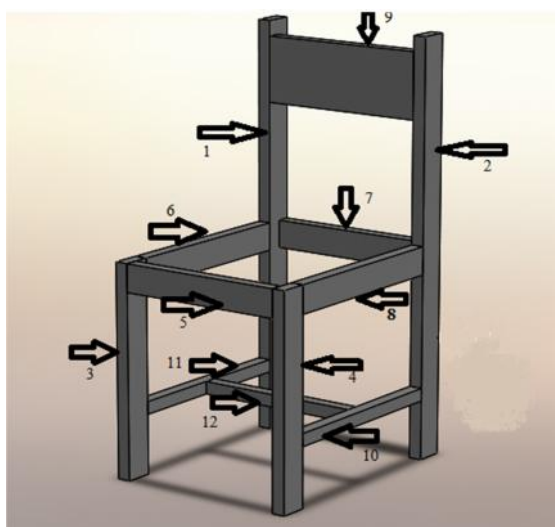
نوع صندلی	حداکثر تنش (Mpa)
صندلی با اتصال کام و زبانه با قید و با فرم ساده	Mpa ۱/۶۲۶۷
صندلی با اتصال دوبل با قید و با فرم ساده	Mpa ۲/۷۴۳۳

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع اتصال بر مقاومت

جدول تجزیه واریانس				
منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
نوع	۷	۵۶۹/۷۴	۸۱/۳۹	**۵۶/۰۰
اتصال	۱	۱۶۱/۳۱	۱۶۱/۳۱	**۱۱۰/۹۹

شکل‌های حاصل از آزمون نمونه‌ها با نرم‌افزار **ANSYS** در این شکلها نمونه‌ها تحت بارگذاری قرار گرفته و اتصالات و همه اعضا جزء به جزء نمایش داده شده و نقاط حداکثر و حداقل تنش انجام شده مشخص هست. شکل ۲ اعضا و اتصالات

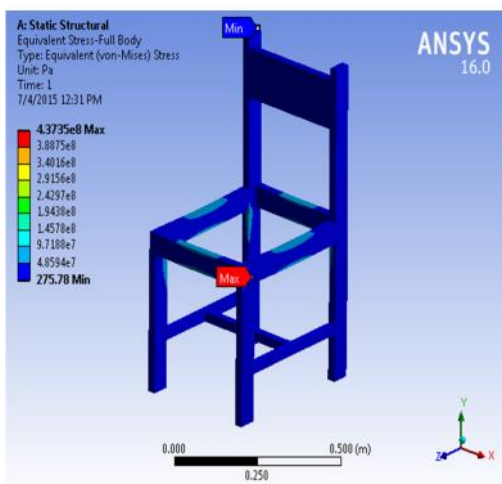
صندلی را به صورت شماره گذاری شده نمایش می‌دهد. با توجه به شکل ۳ بیشترین تمرکز تنش در صندلی با اتصال دوبل با قید و فرم ساده در قسمت اتصالات و عضوهای افقی صندلی هست.



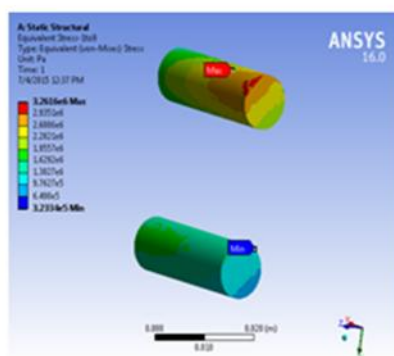
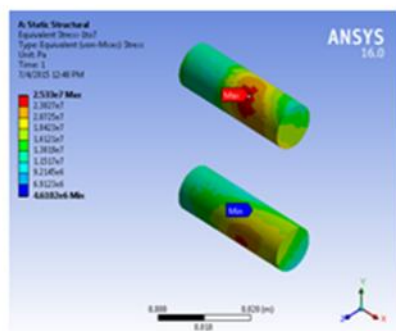
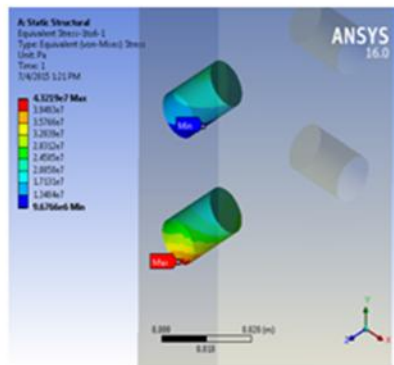
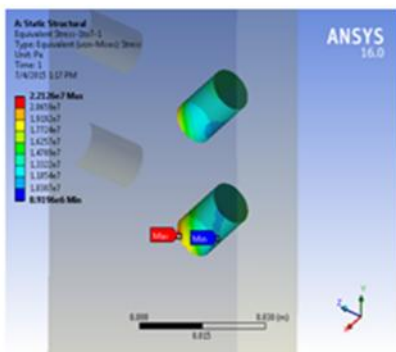
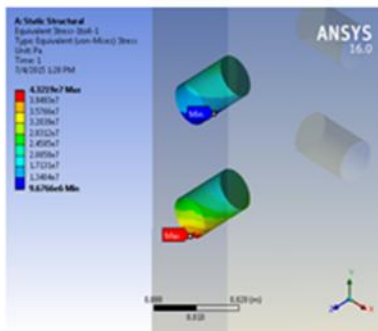
شکل ۲- اعضا و اتصالات صندلی به صورت شماره گذاری شده

در گوشه سمت چپ هر شکل محل قرارگیری هر یک از اجزای اتصالات و یا اعضا به صورت شماره گذاری شده درج شده است. به طور مثال در گوشه سمت چپ و قسمت

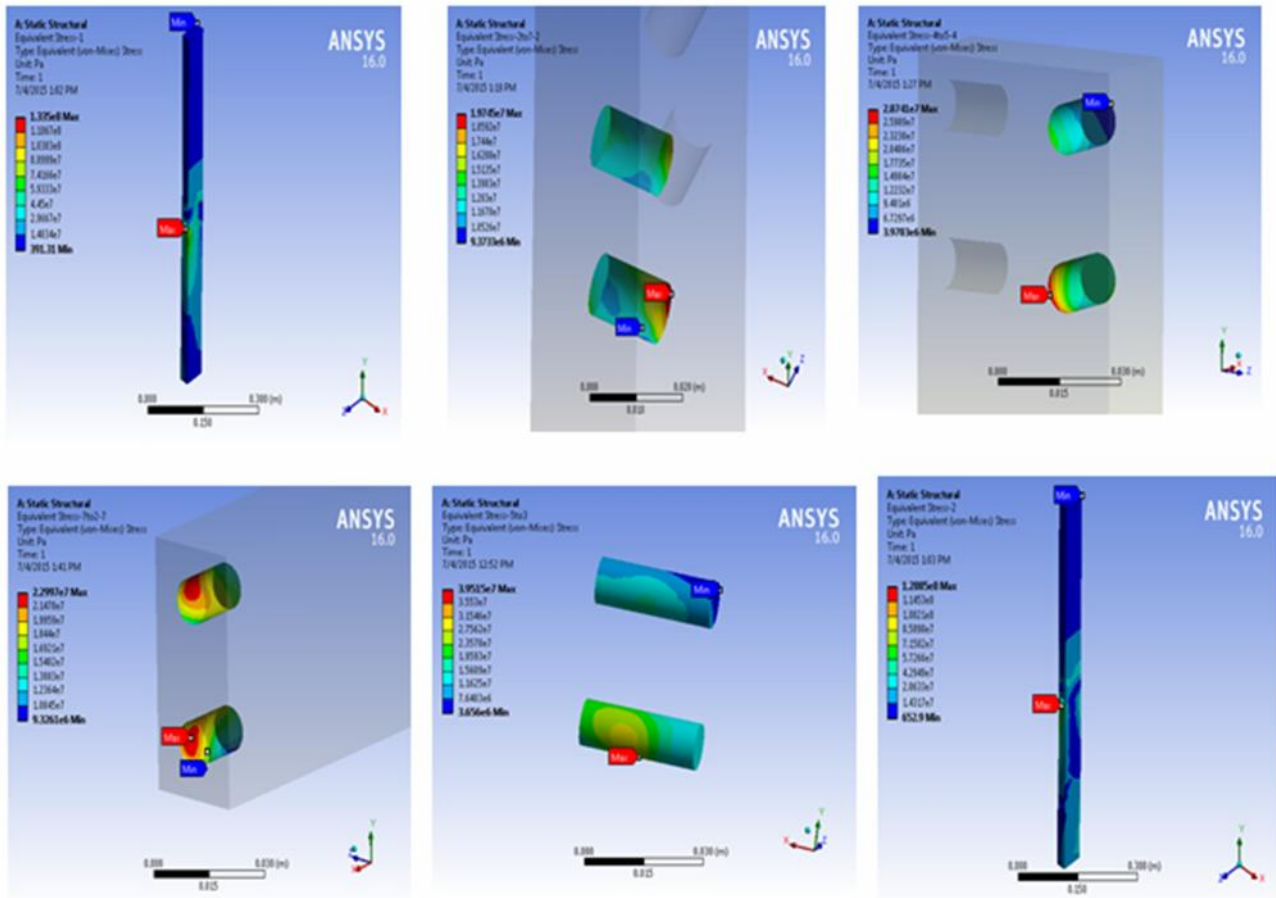
بالای شکل زیر نوشته شده: به این معنا که اتصال دوبل زیر مربوط به عضو ۱ و ۶ هست.



شکل ۳- شکل مربوط به صندلی با اتصال دوبل با قید و فرم ساده



شکل ۴- توزیع تنش در پین‌های چوبی

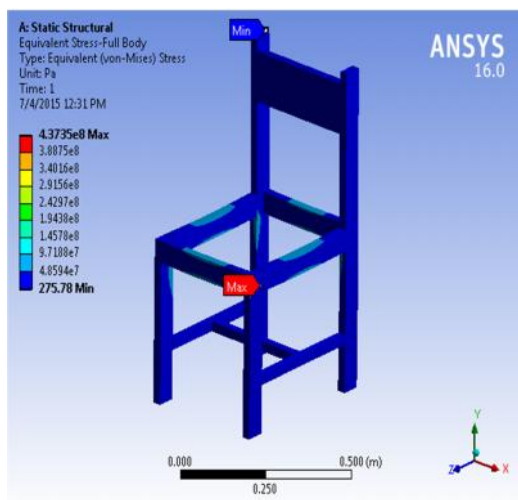


شکل ۵- توزیع تنش در حفره‌ها و عضوهای افقی اتصالات

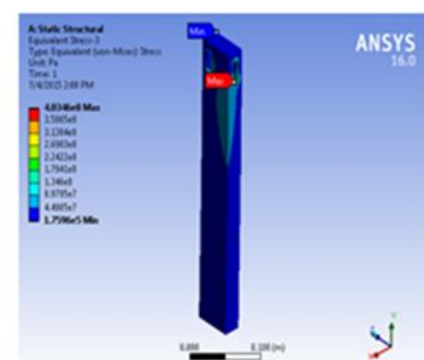
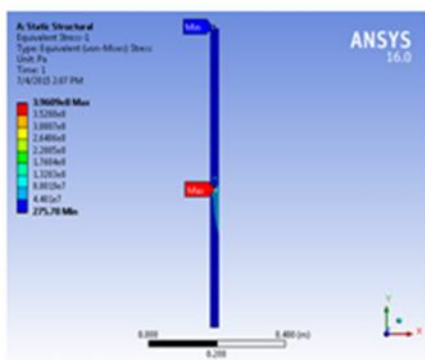
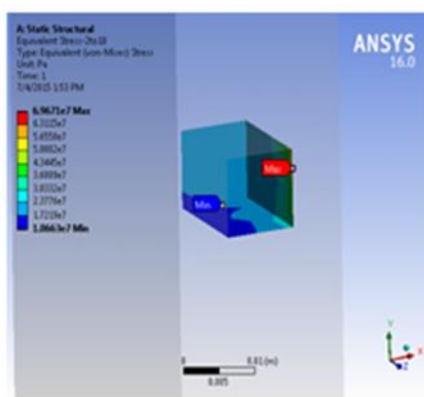
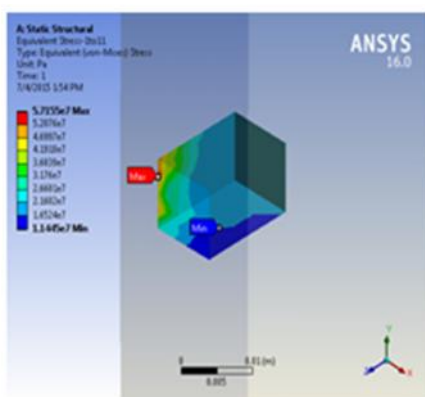
بیشترین مقدار بوده و در حالت تجربی شکست در همین نواحی و در قسمت اتصالات صندلی به وقوع پیوست. با توجه به شکل ۶ بیشترین تمرکز تنش در صندلی با اتصال کام و زبانه با قید و فرم ساده در قسمت اتصالات و عضوهای افقی صندلی هست.

در شکل ۴ توزیع تنش در قسمت زیرین عضو دابل و لبه حفرات حداکثر هست که در حالت تجربی نیز شکست در همین نواحی رخ داده است. در شکل ۵ مشاهده می‌شود که حداکثر تنش در قسمت میانی عضو دابل، جایی که دو عضو به هم چفت شده‌اند، همین‌طور در قسمت لبه حفره‌ها و عضوهای افقی صندلی





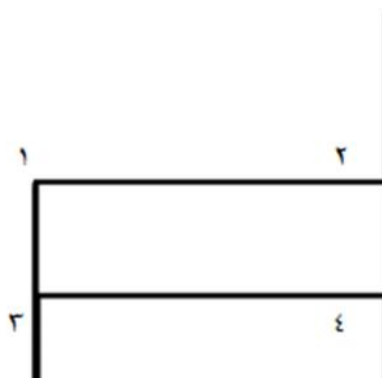
شکل ۶- صندلی با اتصال کام و زبانه با قید و فرم ساده



شکل ۷- توزیع تنش در عضو و اتصالات کام و زبانه

## جابه‌جایی افقی ساختار اتصالات

و در قسمت زیرین کام و به صورت کلی در قسمت اتصالات و عضوهای افقی صندلی که تحت تأثیر لنگر خمشی قرار دارند، حداکثر هست.



جدول ۵- جابجایی (سفتی) در عضوهای دارای اتصال

نوع اتصال	میزان جابجایی بین دو اتصال به روش عناصر محدود (میلی‌متر)	
	عضوها	
	۱-۲	۳-۴
اتصال دوبل	۱۰	۱۵
اتصال کام و زبانه	۷	۹

جدول ۵ نشان‌دهنده میزان جابجایی بین دو اتصال ایجادشده در انتهای عضوهای صندلی هست که این میزان جابجایی در صندلی‌های با اتصال دوبل بالاتر است. با توجه به شکل ۷ تمرکز تنش در زبانه ایجادشده در عضو



شکل ۸- بارگذاری و شکست در صندلی با اتصالات کام و زبانه و دوبل در دستگاه آزمون مکانیکی

## بحث

با توجه به نتایج حاصل از آزمون مکانیکی، صندلی با اتصال کام و زبانه دارای مقاومت بیشتری نسبت به صندلی با اتصال دوبل هست. با توجه به اینکه اتصال کام و زبانه دارای مقاومت کششی و برشی بیشتری در خط چسب نسبت به اتصال دوبل هست این موضوع باعث می‌شود که اتصال

شکل‌های شکست‌های تجربی حاصل از آزمون مکانیکی صندلی‌ها این واقعیت را نشان می‌دهد که تمرکز تنش که دلیل شکست سازه در نقاط ضعف آن هست که این نقاط ضعف در سازه‌های چوبی اتصالات آن سازه هست که هر دو روش تجربی و روش عناصر محدود بر هم منطبق و نشان‌دهنده این موضوع می‌باشند.

کاهش ضخامت چوب در این ناحیه هست (Lashgari and mohamadi, 2012)

با توجه به بررسی انجام شده می‌توان از روش عناصر محدود برای مدل کردن سازه‌های چوبی در طرح‌های مختلف و دارای اتصالات متفاوت تحت شرایط کاربرد و اعمال نیروهای متداول وارد شده بر سازه‌ها استفاده کرد و از این روش برای پیش‌بینی نقاط بحرانی سازه به‌منظور طراحی مناسب و مهندسی مناسب اتصالات به‌منظور افزایش عمر مفید سازه استفاده کرد.

### منابع مورد استفاده

- Eckelman, C., 2003. Text book of product engineering and strength design of furniture. Purdue university press, West Lafayette, Usa, 231p.
- Ebrahimi, Gh., 1997. Mechanical wood and its composite products. the university of Tehran. Tehran University Press, second edition, 660p.
- Gustafson, S., 1995. Furniture design by use of the finite element method. Holz als Roh- und Werkstoff, 53(4):257-260.
- Jahed motlagh, H., Novian, H., Eshraghi, M., 1991. Ansys. Amirkabir University Press, 400p.
- Igor, D., Dusan, S., 2009. Stress distribution in chair construction. Faculty of forestry, Journal of Wood Science, 52:358-362.
- Keith, F., Fahenty, p., Thomas, G., Williamson, E., 1995. Wood engineering and construction handbook. McGraw-Hill Education, Krieger Publishing Company, 928p.
- Lashgari, A., 2011. Predictive failure analysis and stress distribution in the double connection to the finite element method. Journal of Wood and Paper Science Research, 26 (4):708-718.
- Lashgari, A., 2012. Engineering and Structural Design Furniture. Islamic Azad University of Takestan. Tehran University Press, The first edition, 353 p.
- Lashgari, L., mohammadi, A., 2012. Fracture Mechanics and Fatigue in wood. The Islamic azad university of Takestan. Tehran University Press, the first edition, 312p.
- Safdari, v., Sepidehdam, M., Hosseini hashemi, Kh., 2009. Wood Science and Forest Products. Islamic azad University Press, 333-379.
- Smardzewski, J., Prekrad, S., 2004. Stress distribution in angle joints of skeleton furniture electronic. Journal of polish agriculture universities technology (7) I(1)

کام و زبانه دارای مقاومت برشی و توان مقاومتی بالاتری در برابر تغییر مکان‌های حاصل باشد. در نتیجه توزیع تنش کمتری را در مدل‌های عناصر محدود در نوک زبانه و دیواره کم نسبت به قسمت میانی دوپل و دیواره حفره‌ها مشاهده می‌کنیم (Lashgari, 2011).

مدل‌های عناصر محدود در صندلی‌های ساخته شده با اتصال دوپل با حرکت از قسمت میانی دوپل به دو طرف آن در انتهای حفره‌ها میزان تنش را به دلیل فشار اعمال شده توسط عضوها بر قسمت میانی از حالت حداکثر به حالت حداقل نمایش داده و نقاط بحرانی در اتصال دوپل مربوط به محل تماس دوپل‌ها و عضوهای اتصال هست. دلیل این موضوع را می‌توان در کشش الیاف چوب در این قسمت و تنش برشی و تکیه‌گاهی اعمال شده در این نواحی دنبال کرد. توزیع تنش بحرانی در اتصال کام و زبانه مربوط به قسمت فوقانی دیواره کم ایجاد شده در عضوهای سازه صندلی و قسمت فوقانی زبانه در محل تماس با دیواره کم هست.

از آنجایی که تنش لهیدگی در اتصال کام و زبانه مربوط به لبه پایینی دیواره کم و قسمت فوقانی زبانه هست، مدل عناصر محدود توزیع تنش حداکثر را در این مناطق از خود نشان می‌دهد.

نتایج آماری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تأثیر نوع اتصال بر روی مقاومت و توزیع تنش صندلی هست.

به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده آن است که صندلی با اتصال کام و زبانه با قید و ساختار ساده به دلیل میزان جابه‌جایی (کرنش) کمتر دچار تنش در ساختار خود شده که این تنش کمتر سلامت سازه را در برابر بار وارده در مقایسه با تنش مجاز چوب تأمین می‌کند (Lashgari, 2012).

نتایج عناصر محدود نشان‌دهنده این موضوع است که میزان جابه‌جایی در صندلی با اتصال کام و زبانه دارای قید و ساختار ساده کمتری در مقایسه با سایر صندلی‌ها بوده و توزیع تنش در عضو دارای زبانه در قسمت فوقانی زبانه متمرکز بوده ولی شکست در ساختار صندلی دارای این نوع اتصال در قسمت کم اتصال مشاهده می‌شود که دلیل این امر

## The effect of the type of chair- connection on the stress distribution and structural failure evaluated by finite element method

S. Zamani nasab<sup>1</sup>, A. Lashgari<sup>2\*</sup> and A.Tajdini<sup>3</sup>

1-Master of Industrial Engineering Wood and Paper, College of Agriculture and Natural Resources Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran

2\*-Corresponding Author, Associate Professor, Department of Wood and Paper Industries, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email: amir.lashgari@kia.ac.ir

3-Associate Professor, Department of Wood and Paper Industries, The Head of a faculty of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: Nov., 2016

Accepted: Jan., 2017

### Abstract

In this research, resistance and stress concentration on the seat structure were examined by changing the type of connection (tongue and groove connection and dowel joint). Sycamore (*Platanus orientalis*) wood used to fabricate wooden chairs. Mechanical testing machine to load the chairs at the rate of 7.12 mm per minute. Ansys was used to calculate the stress distribution on the chairs members. The results showed that chairs fabricated by tongue and groove connection and having a simple structure and with bail, have more resistance and less stress distribution than a double chair with a simple structure and indicating connection. The impact of the type of connection were significant on the chair resistance. The stress distribution dicateds that the maximum stress concentrations on the horizontal joints are visible. Finite element models showed that the stress distribution is more uniform in chairs with tongue and groove connections.

**Keywords:** Dowel joint, ansys software, finite element method, stress distribution.