

اندازه‌گیری نفوذپذیری طولی چوب راش نسبت به مایع با استفاده از نمونه‌های با شکل غیر هندسی

علی نقی کریمی (۱) ابوالفضل تیرانداز (۲)

چکیده

در تکنیک‌های اندازه‌گیری نفوذپذیری چوب، اصولی که بیشتر رایج می‌باشد، مشتمل بر اندازه‌گیری دبی مایع یا گاز در نمونه، به کمک اختلاف فشار موجود بین دو طرف نمونه است (۱۵، ۱۴، ۱۳، ۱۱، ۶، ۴). برخی دبی را وارد نموده و اختلاف فشار را اندازه‌گیری نموده‌اند (۱۶). هدف از تغییر مداوم دستگاه‌های اندازه‌گیری موجود، افزایش دقت، کارایی، سادگی و عدم نشت مایع در آنها بوده است. در کلیه دستگاه‌های موجود یک محفظه نمونه وجود دارد که نمونه‌های استوانه‌ای یا مکعب مستطیل شکل با طول محدود و غیر قابل کاهش آن در طی آزمایش تهیه و در محفظه نمونه قرار می‌گیرند. در این نمونه‌ها، مایع از کل سطح مقطع که عمود بر جهت جریان است عبور می‌کند و بررسی مسیر حرکت سیال در چوب به طور دقیق امکان‌پذیر نمی‌باشد. از مزیت‌های دستگاه آزمایشی ساخته شده در این پژوهش برای اندازه‌گیری نفوذپذیری طولی چوب به مایعات می‌توان به قابل اعتماد بودن اندازه‌گیری دبی بر روی نمونه‌هایی با ابعاد و اشکال مختلف با امکان کاهش طول نمونه و آماده سازی سطح جدید خروجی مایع بدون توقف تزریق مایع، امکان اندازه‌گیری همزمان دبی‌های ورودی و خروجی، تزریق مایع حاوی مواد رنگی و بررسی مسیر حرکت سیال در چوب و توسعه دقیق تر مدل‌های فیزیک-ریاضی برای نفوذپذیری جهت طولی چوب اشاره کرد (۱۰ و ۹ و ۲).

واژه‌های کلیدی: نفوذپذیری، دبی، دستگاه اندازه‌گیری، سیال، جهت طولی، راش، چوب

۱- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران

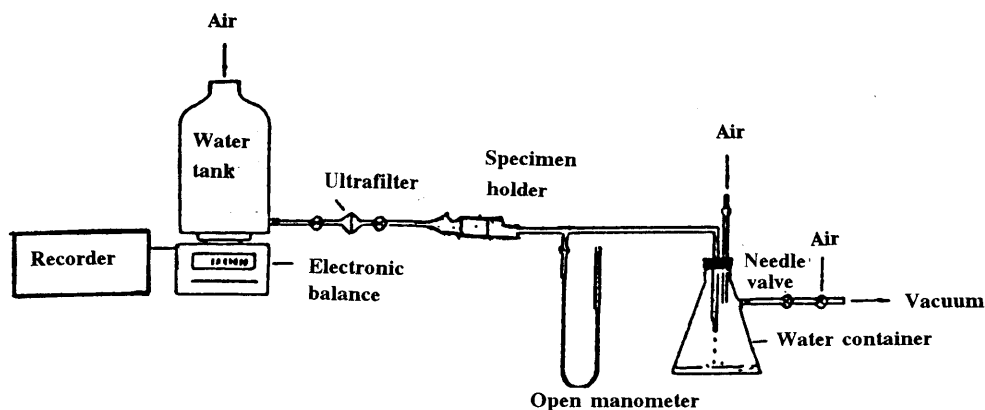
مقدمه

قبل از استفاده از چوب باید رفتار آن در مقابل عوامل مخرب زنده شناخته شده باشد. بعضی چوب‌ها دوام طبیعی بالایی دارند و حتی تا ۳۰ سال می‌توانند در مقابل عوامل مخرب زنده و شرایط جوی دوام آورند. بشر از دیرزمان سعی کرده است که دوام طبیعی چوب را با حفاظت این ماده بالا ببرد. شناخت قدرت نفوذ سیال در چوب، حل مسائل و مشکلات آغشتن و حفاظت آن را آسان‌تر می‌کند.

انتقال سیال در چوب به دو بخش اصلی تقسیم می‌گردد. بخش اول جریان توده‌ای سیال در فضاهای خالی مرتبط چوب، در اثر گرادیان فشار موئینگی می‌باشد. بخش دوم انتشار است که شامل حرکت بخار آب از طریق هوای داخل حفرات سلول‌ها و یا انتشار آب آغشتگی در جدار سلول می‌باشد. از کاربردهای عملی جریان توده‌ای، تیمار چوب تحت فشار با مواد حفاظتی مایع برای مقابله با پوسیدگی یا آتش‌سوزی می‌باشد. با همین روش به منظور تهیه ترکیبات چوب پلیمر، چوب را با نمورها و خرده‌چوب‌ها را با خمیرهای شیمیایی اشباع می‌نمایند. میزان جریان توده‌ای سیال در داخل چوب به وسیله نفوذپذیری آن اندازه‌گیری می‌شود (۱). قابلیت تیمارپذیری چوب، تابعی از نفوذپذیری آن است، هر چند که

باید توجه داشت سیالات مورد استفاده به عنوان مواد حفاظتی به ویژه با توجه به روشی که در چوب حرکت می‌نمایند، به طور قابل توجهی نسبت به سیالات مورد استفاده در اندازه‌گیری‌های نفوذپذیری، متغیر و پیچیده می‌باشند (۱۷).

دستگاه‌های متداول اندازه‌گیری نفوذپذیری مایعات متنوع هستند (۱۵ و ۱۳ و ۱۸ و ۳) و محدودیت همگی آنها در اندازه‌گیری نمونه‌های با شکل هندسی مشخص و طول محدود در یک نگهدارنده نمونه موجود در دستگاه است (شکل ۱). انتقال توده‌ای سیال در چوب از طریق منافذ موجود در عناصر تشکیل دهنده آن و فضاهای موجود در بین آنها و مخصوصاً آوندها در پهن برگان صورت می‌گیرد. چوب، حاصل فعالیت درخت که یک موجود زنده است می‌باشد، به همین دلیل عناصر تشکیل دهنده طولی آن از جمله آوندها، کاملاً با هم موازی نیستند. در نتیجه هنگام برش چوب و تبدیل آن به نمونه‌های با شکل هندسی مشخص که سطوحی موازی دارند، تعدادی از این عناصر قطع می‌گردند که این امر بر روی نتایج اندازه‌گیری تأثیر می‌گذارد. این مطالعه، دستگاهی را جهت اندازه‌گیری جریان توده‌ای مایع در جهت طولی در چوب بدون برش نمونه آزمایش و تبدیل آن به شکل هندسی مشخص معرفی می‌کند (شکل ۲).



شکل ۱- دستگاه آزمایشی اشنایدیر و ژو (۱۹۸۹)

مواد و روش ها

۱- دستگاه آزمایش

۱-۱ طراحی و ساخت

عناصر اساسی دستگاه اندازه‌گیری غیر از کمپرسور جهت تأمین فشار لازم، ترازوی الکترونیکی و سیستم جمع‌آوری اطلاعات عبارتند از:

الف- مخزن مایع و اتصالات: مخزنی با حجم حدود ۱۶ لیتر توسط شیلنگ‌های فشار قوی شفاف به کمپرسور و نمونه پمتصل شده است. نقاط مختلف اتصال، توسط اتصالاتی از جنس برنج به هم وصل و توسط بست محکم شده‌اند. به منظور ایجاد فشار دائمی در طول آزمایش‌ها، از یک تنظیم‌کننده فشار^(۱) از نوع دانفوس KPI نصب شده بر روی مخزن استفاده شد که این تنظیم‌کننده با دادن فرمان الکتریکی به یک شیر برقی (D_2) موجود در مسیر، آنرا باز و بسته می‌نماید (شکل ۲).

ب - فیلتر: برای حذف تمام ذرات شناور در سیال مورد استفاده، یک فیلتر Sartopure-pp Capsule در سیستم به کار برده شد. لایه‌های زهکش این فیلتر از جنس پلی‌پروپیلن بوده و درجه نگهداری آن $0.2\mu m$ می‌باشد. وجود فیلتر در سیستم باعث می‌شود نرخ جریان گذرنده از چوب برای دوره‌های زمانی چند ساعته، ثابت بماند (۳ و ۵). هر چند در آزمایش‌ها از آب مقطر استفاده شده و سعی بر این بوده است که تا حد ممکن در مسیر ورودی جریان مایع به داخل چوب، حباب هوایی تشکیل نشود که باعث انسداد مسیر جریان گردد. چنین انسدادهایی کاهش نفوذپذیری چوب نسبت به مایعات را با توجه به زمان در پی دارد.

ج - تزریق مایع: در یک انتهای نمونه چوبی، یک بخش به شکل مخروط ناقص به وجود آورده و به منظور به دست آوردن کیفیت بهتر سطح جهت ورود سیال، از یک تیغه تیز (اسکالپل) برای از بین بردن تمام پرزهایی که احتمالاً باعث مسدود شدن عناصر هادی می‌شوند استفاده می‌گردد. نمونه به وسیله یک شیلنگ واسطه که در بخش مخروطی شکل نمونه چوب به وسیله نوعی چسب مقاوم به رطوبت تثبیت شده است، به تزریق کننده متصل می‌باشد.

در مورد نمونه‌ها برای رعایت جهات فیبرها و عناصر طولی، هر گرده‌بینه به ۶ قسمت تقسیم می‌شود. پس از ایجاد مخروط ناقصی به قطر حدود ۱۰mm در هر منطقه از برون چوب یا درون چوب، تزریق انجام می‌گیرد (شکل ۳).

د - مدرج نمودن شیلنگ‌های عمودی: چون شیلنگ در مقابل فشارهای مختلف قابلیت انبساط دارد، مدرج نمودن در فشار اتمسفر صورت می‌گیرد. در فشارهای مختلف مورد استفاده ضرایب تصحیح محاسبه و برای تصحیح لازم هر فشار، به کار می‌رود (جدول ۱).

ه - اندازه‌گیری دبی تزریقی: برای اینکه بتوان دبی‌های خیلی ضعیف را اندازه‌گیری نمود، شیلنگ‌هایی با قطرهای مختلف به صورت موازی با مخزن قرار داده شدند. در ابتدا شیرهای R_5 و R_4 باز هستند. بدین ترتیب فشار در سطح سیال در لوله‌ها یکسان بوده و مساوی با فشار وارد بر سطح سیال موجود در مخزن می‌باشد. برای اندازه‌گیری دبی، شیرهای R_4 همه بسته می‌شوند، به استثناء لوله‌ای که انتخاب شده است. سپس شیر R_g هم بسته می‌شود. در این لحظه هیچ فشاری تغییر نکرده است و این باعث پیوسته بودن تزریق و ثابت ماندن حجم در جریان می‌شود. در این لحظه مایع کاملاً از لوله انتخابی برداشت شده است. برای دسترسی به دبی، کافی است که زمان کاهش ارتفاع سیال در لوله مورد نظر به اندازه چند سانتی‌متر برداشت گردد. حق انتخاب هر بخش لوله، به دست آوردن یک اندازه‌گیری دقیق در زمان چند دقیقه و دسترسی به دبی لحظه‌ای را ممکن می‌سازد.

و - اندازه‌گیری دبی خروجی از نمونه: این دبی به وسیله وزن کردن به دست می‌آید. این عمل توسط یک ترازوی رقم‌نما با دقت $\pm 0.001g$ که توسط یک کابل رابطه به رایانه متصل می‌باشد، انجام می‌گیرد. داده‌های انتقال یافته از ترازو به رایانه، توسط یک برنامه واسطه که به زبان برنامه‌نویسی BASIC نوشته شده است، دریافت می‌گردد.

جدول ۱- میانگین شعاع داخلی شیلنگ‌های عمودی دستگاه آزمایش در فشار جو و فشارهای آزمایش

شعاع اسمی ۴ میلیمتر		شعاع اسمی ۳ میلیمتر		شعاع اسمی ۲ میلیمتر		فشار (bar)
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	
۰/۰۹	۳/۹۳	۰/۰۲	۳/۰۳	۰/۰۳	۱/۹۴	(فشار جو)
۰/۰۴	۴/۱۴	۰/۰۶	۳/۲۲	۰/۰۹	۱/۹۶	۱
۰/۰۵	۴/۱۸	۰/۰۶	۳/۳۱	۰/۰۷	۱/۹۹	۲
۰/۰۶	۴/۲۵	۰/۰۴	۳/۳۹	۰/۰۵	۲/۰۱	۳
۰/۰۷	۴/۲۸	۰/۰۵	۳/۴۳	۰/۰۸	۲/۰۴	۴

۱-۲- دقت دستگاه آزمایش

دقت به دست آمده از اندازه‌گیری نفوذپذیری، به تمام پارامترهایی که در معادله نفوذپذیری به کار رفته‌اند، بستگی دارد.

$$K = \frac{V.L.\mu}{t.A.\Delta P}$$

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta(\Delta P)}{\Delta P}$$

پارامترهای اول و دوم دارای حالتی هستند که می‌توان از آنها صرف نظر نمود. اشتباه نسبی در مورد سطح عبور به سهولت قابل برآورد نیست، به خصوص آنچه که مربوط به تحولات درون نمونه است. در واقع این همان منبع اصلی اشتباه است. اشتباه نسبی در مورد فشار به کار رفته در آزمایش (۲bar) با داشتن کنترل ویژه بر سیستم به کمتر از ۵ درصد می‌رسد.

۱-۳- مزیت‌های دستگاه آزمایش

سطح تزریق به اندازه کافی نسبت به سطح کل نمونه کوچک می‌باشد تا سیال تزریق شده بتواند در چوب با دنبال نمودن مسیرهای آناتومیک، جابجا شود. دستگاه اجازه می‌دهد تا به وسیله عناصر هدایت‌کننده غیرمستقیم (کج تاری) جریان متوقف و محدود نشود. از طرفی با امکان اندازه‌گیری همزمان دبی‌های ورودی و خروجی و مقایسه آنها می‌توان مطمئن شد که در لحظه اندازه‌گیری، تمام مایع تزریق شده به چوب، تنها مسیر طول را پیموده و آنچه اندازه‌گیری می‌شود

نفوذپذیری طولی چوب می‌باشد. به همین جهت، برای این آزمایش از نمونه‌های سبز(تر) استفاده می‌شود. همان طور که قبلاً ذکر شد محدودیت مهم دستگاه‌های موجود، شکل هندسی نمونه‌های مورد آزمایش و ابعاد محدود نمونه در آنهاست.

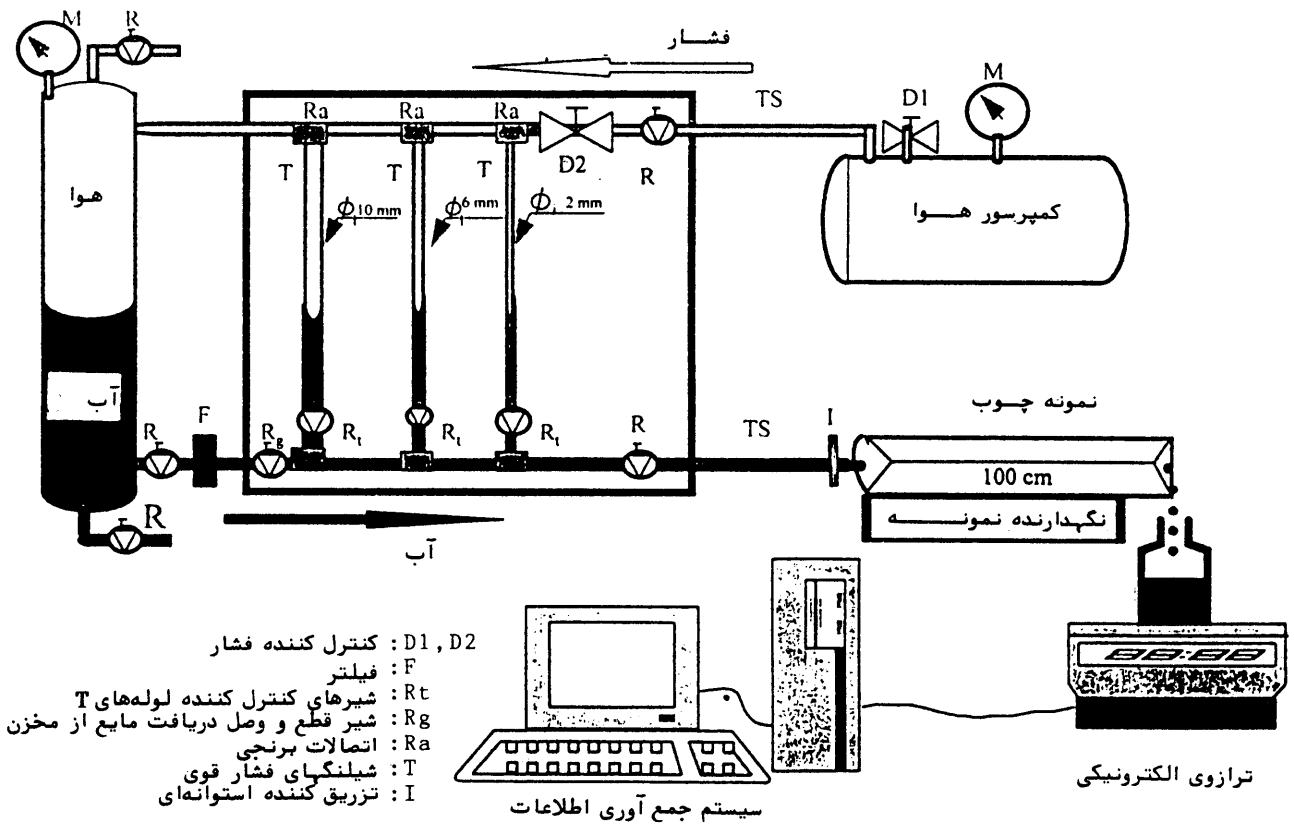
۲- نمونه‌های آزمونی

تعداد سه گرده بینه راش (*Fagus orientalis*) به طول ۱ متر و قطر تقریبی ۵۰ سانتیمتر از سری نمخانه، پارسل ۱۳ جنگل آموزشی - تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی واقع در خیرودکنار نوشهر تهیه شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و هر گرده بینه با روش شکاف دادن به ۶ نمونه با مقطع قطاعی و به طول گرده بینه تبدیل گردید(شکل ۳).

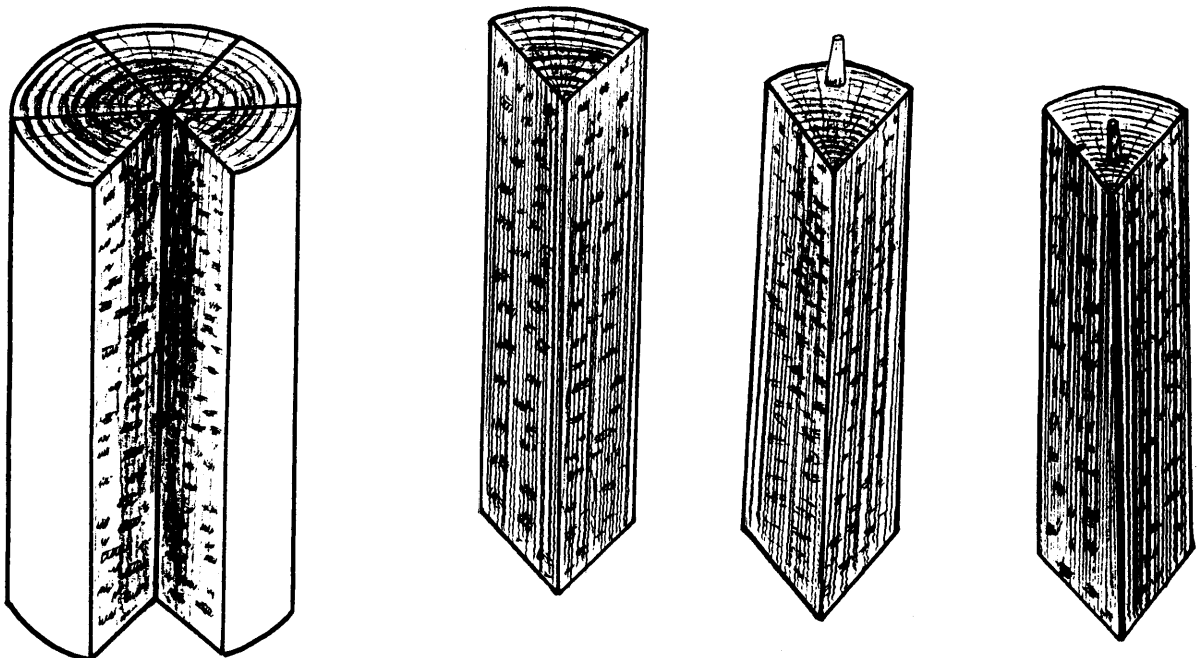
آزمایش‌ها بر روی برون چوب و درون چوب نمونه‌های فوق در حالت سبز انجام گرفت. جهت تزریق مایع، بر روی هر نمونه ابتدا یک بخش به شکل مخروط ناقص ایجاد و سطح مقطع عرضی آن که عمود بر جهت جریان است برای رعایت کیفیت سطح بهتر با اسکالپل برش داده شد(شکل ۳).

۳- سیستم جمع آوری اطلاعات

در هر آزمایش مقادیر دبی در طی زمان، توسط سیستم جمع آوری اطلاعات که شامل یک ترازوی دیجیتالی و یک کامپیوتر و ارتباط آنها توسط برنامه تدوین شده به زبان بیسیک بود ثبت می‌شد.



شکل ۲- دستگاه اندازه گیری نفوذپذیری طراحی شده در آزمایشگاه



شکل ۳- مراحل تهیه نمونه جهت تزریق مایع

نتایج

مقادیر دبی در طی زمان بر روی نمونه های آزمونی به طول ۵۰ سانتیمتر با اختلاف فشار ثابت ۴ اتمسفر ثبت و توسط نرم افزار EXCEL پردازش شده و با استفاده از قانون دارسی مقادیر نفوذپذیری محاسبه و نتایج در جداول ۲ و ۳ و شکل های ۴ و ۵ آمده است.

بحث و نتیجه گیری

باید توجه داشت که در نتیجه گیری این تحقیق، فقط به ارائه اندازه نفوذپذیری اکتفا گردید. نتایج نشان می دهد که دبی و نفوذپذیری در برون چوب بیشتر از درون چوب است (جدول ۳). این اختلاف را می توان به پدیده درون چوبی شدن و حضور احتمالی تیل در آوندهای درون چوب نسبت داد. مواد استخراجی و تیل تأثیر شدیدی بر روی نفوذپذیری چوب از طریق انسداد راه های عبور سیال دارند (۹).

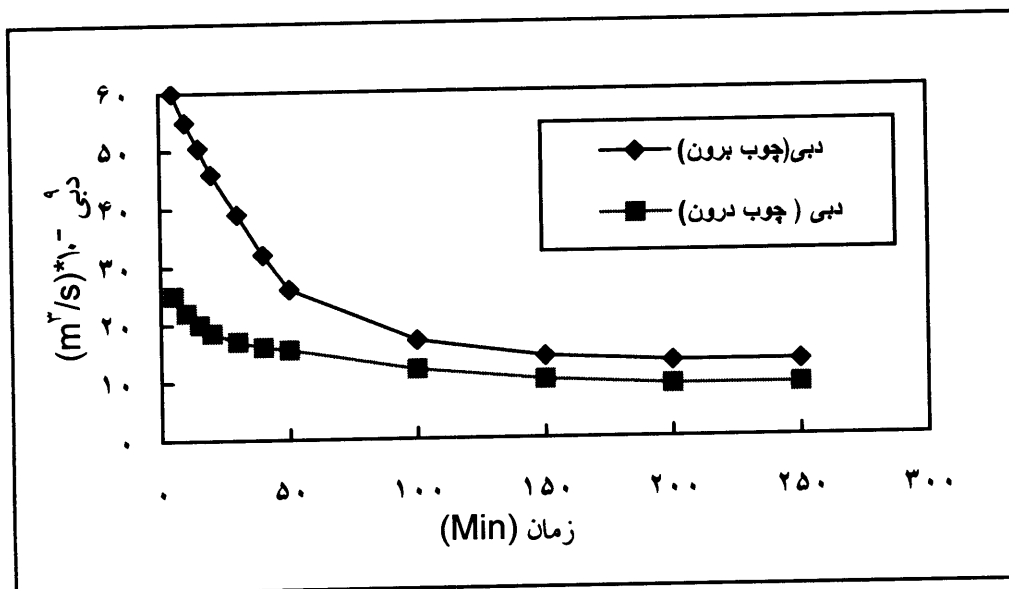
میانگین مقادیر دبی و نفوذپذیری در برون چوب و درون چوب در طی آزمایش و با افزایش زمان، حدود ۵۰ درصد کاهش می یابد (شکل های ۴ و ۵) که این مورد یکی از شرط های اصلی قانون دارسی (ثابت بودن نرخ جریان در طی زمان) را نقض می کند. تغییرات دبی در یک زمان کوتاه مربوط به تغییر نوع جریان از آشفته به جریان آرام می باشد. این تغییرات برای زمان طولانی تر می تواند مربوط به عوامل چندی از قبیل تشکیل حباب های گاز (هوا) در حین عبور مایع از چوب (۱۰) و انسداد پونکتواسیون ها توسط مواد استخراجی باشد. بدست آوردن یک دبی ثابت بازمان بسیار مشکل است و با تیمارهای ویژه ای چون فیلتر کردن و ایجاد خلاء می تواند حاصل شود. در این تحقیق با یک کاهش سریع دبی با زمان در شروع

جدول ۲- مقایسه مقادیر به دست آمده دبی ورودی و خروجی

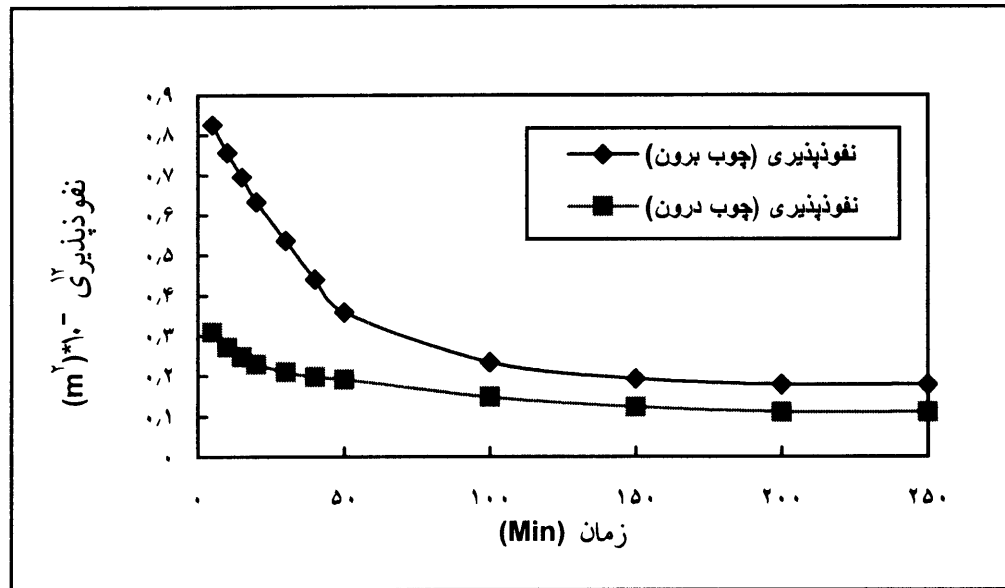
دبی	
وزنی (خروجی) (gr/s)	حجمی (ورودی) (cm ³ /s)
۰/۰۲۳	۰/۰۲۴

جدول ۳- نفوذپذیری طولی برون چوب و درون چوب راش به آب

نفوذپذیری طولی (m ² *10 ⁻¹²)	محل نمونه (تعداد نمونه)	گونه	میانگین	
			انحراف معیار	
۰/۱۸	برون چوب (۱۰)	راش	۰/۴۸	
۰/۲۱	درون چوب (۱۰)		۰/۳۶	



شکل ۴- نمودار تغییرات دبی با زمان



شکل ۵- نمودار تغییرات نفوذپذیری با زمان

گونه چوبی ناشی از اختلافات طبیعی ماکروسکوپی (برون چوب - درون چوب - کج تار) و میکروسکوپی (فیبر- آوند- چوب آغاز- چوب پایان) در ساختمان آنها می‌باشد. همان طور که ذکر شد، در هنگام تهیه نمونه سعی شد تأثیر ماکروسکوپی به حداقل برسد، یعنی نمونه‌ها توسط شکاف دادن تهیه شدند و با ایجاد مخروط ناقص در سر نمونه‌ها تأثیر زاویه الیاف حذف گردید. ولی تأثیر میکروسکوپی قابل حذف نیست و ناشی از ساختمان و عناصر تشکیل دهنده چوب است.

آزمایش مواج هستیم که ناشی از ایجاد جریان آشفته است. سپس نوع جریان به یک جریان آرام تبدیل می‌گردد که در این حالت مقدار جریان با زمان تقریباً ثابت است و این نتایج با نتایج حاصله توسط چونگ و همکاران (۱۹۷۴) قابل مقایسه است.

مقایسه مقادیر به دست آمده از دبی ورودی با مقادیر همزمان حاصل از دبی خروجی (جدول ۲) نشان می‌دهد که این مقادیر تقریباً با هم برابرند و بیانگر صحت انجام آزمایش‌ها و عدم نشست مایع از اجزاء دستگاه آزمایش می‌باشد. تفاوت‌های شدید مقادیر نفوذپذیری در گونه‌های مختلف و همچنین در یک

منابع مورد استفاده

- ۱- ابراهیمی، قنبر، ۱۳۷۰. فرایند انتقال سیال در چوب (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۹۰ صفحه.
- ۲- تیرانداز، ابوالفضل، ۱۳۷۶. طراحی و ساخت دستگاه اندازه‌گیری نفوذپذیری مایعات در چوب، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

- 3- Banks, W. B., 1968. A technique for measuring the permeability of wood, For. Prod. Research Lab.: 35-41.
- 4- Bolton, A. J. & J. A. Petty, 1978. The relationship between the axial permeability of wood to dry air and to a non-polar solvent, Wood Sci. Technol., 12: 111-126.
- 5- Bramhall, G., 1971. The validity of Darcy's law in the axial penetration of wood, Wood Sci. Technol., 5:121-134.
- 6- Choong, E. T., F. O. Tesoro & F. G. Manwiller, 1974. Permeability of twenty-two small diameter

- hardwoods growing on southern pine sites, *Wood & Fiber Sci.*, 16(1): 91-101.
- 7- Dullen, F. A. L., 1992. *Porous Media, Fluid transport and pore structure*, Academic Press Inc., Sandiego, California, 574pp.
- 8- Guillermo C., T. Gonzalez & J.F. Siau, 1978. Longitudinal Liquid Permeability of American Beech and Eucalyptus, *Wood Science*, Vol. 11, No.2: 105-110.
- 9- Karimi, A. N., 1995. Caracterisation microscopique et macroscopique de lecoulement dans le hetre (*Fagus silvatica* et *Fagus orientalis*), interpretation a laide d'un modele de percolation, These Ecole National du Genie Rural, des Eaux et des Forets (ENGREF), Centre de Nancy (FRANCE), 155pp.
- 10- Karimi A. N. & P. Perre, 1997. Un dispositif de mesure du debit et de la progression du liquide dans la direction longitudinale du bois. *Les Cahiers Scientifiques du bois*, Vol. 1: 193-202.
- 11- Kelso, J. W., R. O. Gertjeansen & R. L. Hossfeld, 1963. The effects of air blockage upon the permeability of wood to liquids, *Tech. Bull. Minn. Agric. Exp. Sta.*, No. 242, 40 pp.
- 12-Perng, W.R., 1980. *Studies on Flow in Wood; I. Permeability and axial structural variation*, *Moukuzai Gakkaishi*, Vol. 26, No. 3: 132-138.
- 13- Perre, P., 1987. *Le sechage convectif de bois resineux: choix, validation et utilisation d'un modele*, These de L'universite PARIS VII.
- 14- Perre, P., 1992. *Transferts couples en milieux poreux non satures, possibilites et limitations de la formulation macroscopique*, These habilitation a diriger des recherches, INPL, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, FRANCE.
- 15- Schneider, M. H. & L. Zhou, 1989. Characterization of wetwood from four balsam fir trees, *Wood & Fiber Sci.*, 21(1): 1-16.
- 16- Tesoro, F. O., Kimbler & E. T. Choong, 1972. Determination of the relative permeability of wood to oil and water, *Wood Sci.*, 5(1): 21-35.
- 17- Tesoro, J. O & E. T. Choong, 1979. Relationship of longitudinal permeability to treatability of wood, *Holzforschung*, 30: 91-96.

Measurement of Longitudinal Permeability of Beech Wood to Liquid by using Non-geometric Specimens

by

A. N. Karimi ⁽¹⁾

A. Tirandaz⁽²⁾

Abstract

In measuring techniques for wood permeability, the principles, which are most common, include gas or liquid flow measurement along the specimen, caused by the pressure difference between the two ends of specimen [3,5,8,9,10,11]. Some have imposed the flow and then measured the pressure difference [12]. The aim of continuous modification of present measurement apparatuses is to improve their accuracy, efficiency and simplicity and to prevent leaking. All the present apparatuses are equipped with a specimen chamber in which cylindrical or cubic specimens with finite length are fixed. In these specimens, the liquid passes the whole cross section which is perpendicular to the flow direction, so accurate study of the flow path is impossible. The advantages of experimental apparatus, manufactured in this study for measuring the longitudinal permeability of wood to liquid, are as follows: Reliability of flow measurement in specimens with various dimensions and geometrical forms; possibility of specimen length reduction and preparation of new output face without interrupting the injection; possibility of simultaneous measurement of input and output flow; injection of colored liquid and study of fluid movement direction in wood and developing mathematical models for longitudinal permeability of wood.

Keywords: Permeability, Flow, Measurement apparatus, Fluid, Longitudinal direction, Beech, Wood

1- Assistant professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

2- MSc in Wood Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran