

# مطالعه خمیر کامپوزیتی پلی وینیل کلراید جهت پوشش دهی در ساختار بتن پارچه‌ای با فناوری ریخته‌گری

محسن مصلحی<sup>۱</sup>، محمد فیاض<sup>۲\*</sup>، سعید احمدی<sup>۳</sup>

۱. پژوهشگر، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی
۲. استادیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده مهندسی، گروه عمران
۳. پژوهشگر، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده مهندسی، گروه عمران

mfayyaz@ihu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

## چکیده

محصول بتن پارچه‌ای از سه قسمت اصلی، شامل: بستر سه بعدی، سیمان و لایه پوشش دهنده که بیشتر لایه ژئوممبران<sup>۱</sup> از جنس پلی وینیل کلراید می‌باشد، تشکیل شده است. از معایب اصلی بتن‌های پارچه‌ای تولید شده به روش رایج، جدا شدن لایه پوششی از بستر بتن پارچه‌ای در اثر تنش حرارتی و مکانیکی است که باعث تضعیف چسب اتصال دهنده لایه به بستر سه بعدی و در بحث کاربردی این محصول مشکل به وجود می‌آورد. در این کار، برای پوشش بتن پارچه‌ای از فناوری ریخته‌گری پلیمری بر پایه خمیر پلی‌وینیل‌کلراید، استفاده و خواص محصول مورد بررسی قرار گرفت. در این روش خمیر پلیمری، با روش تیغه دکتر بلید<sup>۲</sup> در ضخامت مشخص در یک مرحله و بدون استفاده از (ژئوممبران/چسب) روی بستر پارچه پوشش داده می‌شود. نتایج نشان داد که بتن پارچه‌ای ساخته شده بر پایه روش ریخته‌گری خمیر پلیمری دارای آب‌بندی، مقاومت مکانیکی و شیمیایی مناسبی بوده و در برابر لایه لایه شدن مقاومت خوبی دارد.

**واژگان کلیدی:** بتن پارچه‌ای، لایه ژئوممبران، روش ریخته‌گری پلیمری، رزین پلی وینیل کلراید.

## ۱- مقدمه

محصولات جدید عمرانی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. با پیشرفت تکنولوژی و فناوری در زمینه‌های مختلف، به ویژه در صنعت ساخت و ساز، بتن پارچه‌ای به عنوان یک

متناسب با افزایش میزان جمعیت، توانمندی در پاسخ به نیازهای عمرانی بشر و نیازهای روز دنیا، طراحی و ساخت

۱. Geo-membrane

۲. Blade knife

ژئوممبران از پارچه سه بعدی، بعد از مرحله سخت شدن بتن است. در این مسیر، در اثر افزایش تعداد تنش های حرارتی و مکانیکی، ورق پوشش دهنده ژئوممبران از زیرلایه جدا شده و در نهایت کاربرد عملی محصول با مشکل مواجه خواهد.

شکل ۱. شماتیک ساختار بتن پارچه ای



Fig. 1. Scheme of concrete canvas structure

در این پروژه، برای اولین بار، از روش ریخته گری پلیمری به صورت خمیر کامپوزیتی، برای پوشش یکنواخت و درجاء زیرلایه سه بعدی استفاده شد. در این روش از سیستم ورق ژئوممبران/ چسب استفاده نمی شود و خمیر کامپوزیت پلیمری به صورت یکنواخت و سریع روی پارچه سه بعدی حاوی پودر سیمان، توسط فیلم کش دکتر بلید پوشش داده شده و بعد از خشک شدن، به بستر سه بعدی اتصال پیدا می کند. در ادامه، پس از تهیه محصول، ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و دمایی این محصول مورد مطالعه قرار داده شد.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد

گرانول پلی وینیل کلراید گرید S از شرکت یکتا گستر ویژن، حلال تترا هیدروفوران<sup>۷</sup>، نرم کننده دی اکسیل فتالات<sup>۸</sup>، پودر کلسیم کربنات به عنوان پرکننده با اندازه مش ۱۰۰۰ از شرکت شیمی معدنی همدان، سیمان تیپ ۲ از شرکت سیمان تهران،

محصول موثر، به منظور بهینه کردن مصرف انرژی، هزینه و زمان وارد بازار رقابت شده است. این محصول با ابعاد هندسی متفاوت، در صنایع مختلف راه و شهر سازی، نفت و پتروشیمی و نظامی مورد استفاده قرار می گیرد [5-1]. همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است، بستر سه بعدی<sup>۱</sup>، در ساختار بتن پارچه ای رایج، برای نگهداری مخلوط سیمان به کار می رود که بسته به نوع کاربرد، می تواند دارای فرمولاسیون های مختلفی باشد و لایه پوشش دهنده ژئوممبران برای پوش اولیه و آب بندی محصول مورد استفاده قرار می گیرد [8-6].

پروژه های تحقیقاتی متعددی در زمینه طراحی و تولید بتن پارچه ای انجام و برای اتصال لایه ژئوممبران به بستر، چسب ها و رزین های مختلفی استفاده به کار گرفته شده است [9-12]. فیانگ و همکاران در یک پروژه، از چسب پلی یورتان<sup>۲</sup>، برای اتصال لایه ژئوممبران به بستر سه بعدی از جنس پلی استر<sup>۳</sup> استفاده کردند. نتایج نشان داد که محصول بتن پارچه ای تولید شده دارای ویژگی فیزیکی، شیمیایی و گرمایی مناسب است [13]. هان و همکاران، از رزین اپوکسی<sup>۴</sup> طراحی شده/ سخت کننده<sup>۵</sup> برای اتصال لایه ژئوممبران به بستر سه بعدی استفاده کردند. در ادامه مقاومت کششی و خمشی محصول را اندازه گیری و نتایج نشان داد که محصول طراحی شده دارای خواص مناسبی است [14]. چن و همکاران نیز از اپوکسی های گوناگونی برای چسباندن زیرلایه سه بعدی از جنس پلی آرامید به ورق ژئوممبران، استفاده و مقاومت کلی محصول را مورد بررسی و مطالعه قرار دادند [5]. کومار و همکاران نیز، از انواع چسب های پلیمری گرمانرم و گرما سخت برای ساخت انواع کامپوزیت های انعطاف پذیر از جمله بتن پارچه ای استفاده کردند [15].

با این وجود، یکی از محدودیت های اصلی این محصولات، انجام فرایند لایه لایه شدن در کامپوزیت های چند لایه، مانند

۵. Hardner

۶. One-site

۷. Tetrahydrofuran

۸. Dioctylphthalate

۱. 3D substrate

۲. Thermoplastic polyurethane

۳. Polyester

۴. Epoxy

به منظور مقایسه بین بتن پارچه‌ای ساخته شده با فناوری ریخته‌گری پلیمری و بتن پارچه‌ای ساخته شده با روش رایج لایه ژئوممبران/چسب، یک نمونه جدا با ابعاد مشابه توسط چسب پلی یورتان و ورق پلی وینیل کلراید تهیه شد. به این منظور، سطح پارچه حاوی سیمان با چسب پلی یورتان پوشش و سپس لایه ژئوممبران روی پارچه قرار داده شد و بعد از اتصال کامل، برای آزمایش‌های بعدی آماده شد.

### ۳- شناسایی

بتن پارچه‌ای از سه قسمت مهم تشکیل شده است که عبارتند از: اجزا سیمان بتن، پارچه سه بعدی پلی استری و پوشش که برای شناسایی هر کدام از روش‌های زیر استفاده شد. برای شناسایی اجزا سیمان بتن مورد استفاده در بتن از روش  $XRF^3$  استفاده شد.

برای بررسی و مطالعه گروه‌های عاملی شیمیایی پوشش تهیه شده با فناوری ریخته‌گری روی محصول بتن پارچه‌ای، از روش  $ATR-FTIR^4$  از نوع Barnes Model 300 استفاده شد.

از روش تنش/ کرنش برای مطالعه رفتار مکانیکی تک لایه پوششی خمیر پلیمری و لایه ژئوممبران، استفاده شد. به این منظور، خواص مکانیکی تک لایه پوشش پلیمری (لایه فیلم روی بستر شیشه‌ای تشکیل و سپس مورد آنالیز قرار گرفت) و تک لایه ژئوممبران پلی وینیل کلراید با استفاده از دستگاه کششی با ظرفیت ۱ تن طبق استاندارد (D683-14) [16] صورت گرفت. در این روش، نمونه‌ها در ابعاد مشخص شده مطابق استاندارد  $2\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 30\text{ mm}$  آماده و سرعت کشش در این آزمایش، ۳ سانتی متر بر ثانیه تنظیم شد. در ادامه برای مطالعه و بررسی رفتار مکانیکی محصول بتن پارچه‌ای ساخته شده با فناوری ریخته‌گری پلیمری و روش رایج لایه ژئوممبران/چسب، از دستگاه کششی با ظرفیت ۱۰ تن طبق استاندارد (ASTM D6768) [17] استفاده شد. به این منظور، تمامی نمونه‌ها در اندازه  $20\text{ mm}$

پارچه سه بعدی پلی استری از شرکت بی بافت اصفهان، سیمان تیپ ۲ از شرکت سیمان تهران، چسب پلی یورتان از شرکت آذین بسپار اصفهان و لایه ژئوممبران پلی وینیل کلراید از شرکت اسپادانا اصفهان تهیه شد.

### ۲-۲- روش‌ها

در این کار، ابعاد زیر لایه سه بعدی برای ساخت نمونه بتن پارچه‌ای  $20\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 30\text{ mm}$  در نظر گرفته شد. در ادامه، مقدار محاسبه شده‌ای از سیمان به داخل بستر سه بعدی اضافه شد. خمیر پلیمری از انحلال گرانول پلی وینیل کلراید در نسبت (وزنی/وزنی  $70/30$ ) از تتراهیدروفوران/دی اکتیل فتالات و به میزان ۵۰ درصد از پرکننده کلسیم کربنات تهیه شد. به این منظور از همزن حجم ۵ لیتری با سرعت ثابت ۱۰۰ دور بر دقیقه برای اختلاط مناسب و یکنواخت استفاده شد. در پایان، این خمیر پلیمری، با استفاده از فیلم کش دکتر بلید<sup>۱</sup> به ضخامت یک میلی متر بر روی زیرلایه سه بعدی حاوی سیمان، پوشش داده شد. و سپس، پوشش ایجاد شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت خشک گردید. فیلم کش دکتر بلید از یک تیغه‌ی حساس، به نام تیغه‌ی دکتر بلید<sup>۲</sup>، دو بازوی متحرک قابل تغییر برای تنظیم ضخامت پوشش ایجاد شده و از یک بدنه نگهدارنده تشکیل شده است (شکل ۲). این دستگاه برای تشکیل فیلم روی انواع بسترها در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی طراحی و استفاده می‌شود.

شکل ۲. دستگاه دکتر بلید برای ایجاد پوشش روی بتن پارچه‌ای



Fig. 2. Dr.Blade device for concrete canvas covering

۳. X-ray fluorescence

۴. Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared

۱. Doctor blade

۲. Doctor blade knife

در صد سیمان مورد استفاده در ساختار بتن پارچه‌ای را نشان می‌دهد. بدین منظور از روش XRF استفاده شد.

نمونه محصول‌های بتن پارچه‌ای ساخته شده بر مبنای فناوری ریخته‌گری خمیر پلیمری (پلی وینیل کلراید/تتراهیدروفوران/کلسیم کربنات / DOP) و روش رایج لایه ژئوممبران/چسب است در شکل (۴) نشان داده شده است. شکل (۴) مربوط به نمونه محصول بتن پارچه‌ای ساخته شده با روش رایج ورق پلی وینیل کلراید/چسب و شکل (ب-۴) مربوط به نمونه ساخته شده با فناوری ریخته‌گری پلیمری است. همان‌گونه که در این تصویر نمایش داده شده، به جای لایه ژئوممبران/چسب، یک لایه مناسب و یکنواختی از این رزین بر سطح بستر سه بعدی حاوی سیمان پوشش داده شده است.

شکل ۴. بتن پارچه‌ای ساخته شده با دو روش ریخته‌گری و لایه ژئوممبران



Fig. 4. The produced Concrete canvas both casting method and with geo-membrane.

همان‌گونه که در شکل (۴ ب) نشان می‌دهد، پوشش ایجاد شده با فناوری ریخته‌گری پلیمری/کامپوزیتی (پلی وینیل کلراید)، دارای ساختار کاملاً یکنواخت، با اتصال کامل به پارچه و بدون ترک خوردگی در سطح است. با استفاده از این فناوری، در یک مرحله، سریع و بدون نیاز به لایه ژئوممبران و چسب، پوششی مناسب و یکنواخت روی پارچه سه بعدی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه پوشش ایجاد شده در این روش، ماهیت خمیری/پلیمری دارد، این خمیر با گرانیوی مناسب در تار و پود سطحی پارچه‌ی سه بعدی تا حدی مناسب نفوذ کرده و با برقراری اتصال با زیرلایه و سیمان خشک، چسبندگی بسیار بالایی را به زیرلایه ایجاد می‌کند.

$270 \text{ mm} \times 80 \text{ mm} \times 3$  برش و سرعت کشش این آزمایش روی ۳ سانتی‌متر بر ثانیه تنظیم شد. در پایان نتایج رفتار مقاومت مکانیکی محصول بتن پارچه‌ای ساخته شده با دو روش مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

در بحث رفتار شیمیایی محصول نهایی، مقاومت شیمیایی بتن پارچه‌ای ساخته شده با روش ریخته‌گری خمیر پلیمری و روش ورق پلی وینیل کلراید/چسب، در برابر لایه لایه شدن، نمونه‌ها در شرایط شیمیایی مختلفی در شامل: هگزان، تولوئن، اکتان، بنزن و آب در مدت زمان‌های مشخص قرار داده شدند. در این آزمایش نمونه‌ها در اندازه  $30 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$  برش و برای آزمایش آماده شدند. در ارتباط با مطالعه خواص دمایی محصول، بتن پارچه‌ای ساخته شده با روش ریخته‌گری خمیر پلیمری و ورق پلی وینیل کلراید/چسب، نمونه‌ها با اندازه  $30 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$  برش و در برنامه‌ریزی دمایی مختلف قرار گرفته و رفتار حرارتی آن‌ها در برابر لایه لایه شدن بررسی شد. به منظور مطالعه توانایی محصول در آب بندی نهایی، از قالب‌های مناسبی برای ساخت یک نمونه واقعی از محصول استفاده شد (شکل ۳). در این روش، نمونه‌ها با ابعاد مختلف تهیه و براساس قالب نشان داده شده در شکل، نمونه‌های واقعی از محصولات بدست آمده از روش ریخته‌گری و ورق/چسب تهیه و خواص آن‌ها در برابر نفوذ آب به بیرون از نمونه‌های ساخته شده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

شکل ۳. قالب استفاده شده در ساخت محصول برای بررسی میزان آب بندی



Fig. 3. The used template in making the product to check the sealing rate

#### ۴- نتایج و بحث

نتایج مربوط به اجرا جدول (۱) مختلف به همراه ترکیب

مورد مطالعه قرار گرفت. در این آزمایش، ضخامت نمونه‌ها، ابعاد یکسان و شرایط آزمون یکسان در نظر گرفته شدند.

نتایج رفتار مقاومت مکانیکی شکل (۶-الف) نمونه لایه پوششی ساخته شده از روش ریخته‌گری پلیمری را نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار مشخص است میزان کشش (کرنش) این نمونه در حدود  $28 \text{ mm}$  و میزان تنش قابل تحمل قبل از شکست در حدود متوسط  $0.7 \text{ N/mm}^2$  می‌باشد. نقطه‌ی تسلیم به معنای آستانه تحمل تنش بیشینه توسط یک نمونه است به این معنا که اگر تنش بیش از این به نمونه لایه پوششی وارد شود، شکسته و اگر نیروی کمتر از این مقدار به آن وارد شود، بعد از تعداد تنش‌های مشخصی شروع به شکست و کاهش مقاومت خواهد کرد.

رفتار مکانیکی لایه ژئوممبران پلی وینیل کلراید تجاری نمایش می‌دهد (شکل ۶-ب). در این آزمون، خواصی مانند درصد کشش، مقاومت تنشی و نقطه تسلیم لایه ژئوممبران مانند لایه پوششی پلی وینیل کلراید مورد بررسی قرار گرفت است. میزان کرنش ( $\text{mm}$ ) این ورق تجاری در حدود  $34 \text{ mm}$  بوده و میزان نیروی تنش در آستانه شکست در حدود  $4.5 \text{ F(N/mm}^2)$  است. نقطه تسلیم برای نمونه‌ها به معنای آستانه تحمل تنش بیشینه توسط یک نمونه قبل از شکست است به این مفهوم، که اگر تنش بیشتر از این به لایه پوششی وارد شود، شکسته و اگر نیروی کمتر از این مقدار به آن وارد شود، بعد از تعداد تنش‌های مشخصی شروع به شکست و کاهش مقاومت خواهد کرد.

نقطه تسلیم این لایه پلیمری در حدود  $4.5 \text{ F(N/mm}^2)$  است و اگر تنش بیش از این به این لایه پوششی وارد شود، شکسته و اگر نیروی کمتر از این مقدار به آن وارد شود، بعد از تعداد سیکل‌های مشخصی شروع به شکست و کاهش مقاومت خواهد کرد. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه لایه تشکیل شده از فناوری ریخته‌گری پلیمری دارای مقاومت مکانیکی پایین‌تری نسبت به لایه‌ی ژئوممبران است ولی با این وجود، دارای مقاومت مکانیکی قابل قبولی بوده و برای پوشش دهی برای بتن پارچه‌ای می‌تواند مناسب باشد. برای رسیدن به این هدف، مقاومت مکانیکی کل محصول بتن

#### ۴-۱- بررسی گروه‌های شیمیایی از طریق مادون قرمز

طیف ATR-FTIR مربوط به خمیر کامپوزیتی پلیمر (پلی وینیل کلراید) در شکل (۵)، نشان داده شده است. پیک‌های مشخصه پیوندهای شیمیایی این طیف عبارتند از: ارتعاشات در  $2960-2800 \text{ (cm}^{-1})$  مربوط به ارتعاشات کششی C-H و  $1300-1230 \text{ (cm}^{-1})$  (پلی وینیل کلراید و نرم کننده)، ارتعاشات در  $865-800 \text{ (cm}^{-1})$  مربوط به ارتعاشات خمشی  $\text{CH}_2$  (پلی وینیل کلراید و نرم کننده)، ارتعاشات در  $3400-3200 \text{ (cm}^{-1})$  (پلی وینیل کلراید)، ارتعاشات کششی C-Cl، ارتعاشات کششی O-H مربوط به نرم کننده موجود در پلیمر، ارتعاشات در  $1724 \text{ (cm}^{-1})$  مربوط به ارتعاشات کششی C=O (مربوط به گروه استری نرم‌کننده) همان‌گونه که در این طیف نشان داده شده است، خمیر کامپوزیتی به گونه مناسب اختلاط و حضور تمامی گروه‌ها در این طیف نشان از ترکیب پذیری مناسب اجزا در خمیر کامپوزیتی را دارد.

شکل ۵. طیف ATR-FTIR مربوط به پوشش خمیری/ پلیمری (پلی وینیل کلراید)

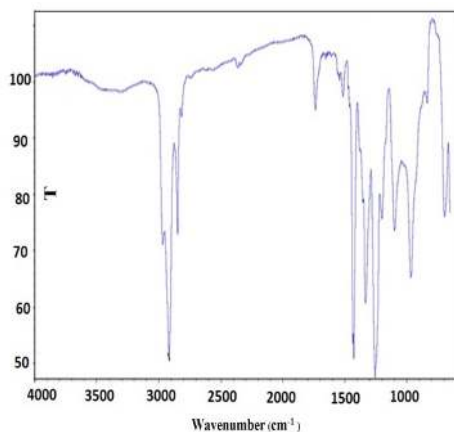


Fig. 5. ATR-FTIR spectra of paste casting of PVC

#### ۴-۲- مطالعه رفتار مکانیکی

رفتار مکانیکی لایه پوششی پلیمر (پلی وینیل کلراید، لایه ریخته‌گری شده بدون قرار گرفتن روی پارچه) و لایه ژئوممبران پلی وینیل کلراید توسط روش آزمایش تنش/کرنش

پارچه‌ای ساخته شده با فناوری ریخته‌گری پلیمری و روش لایه‌ی ژئوممبران/چسب، بررسی شد. نتایج رفتار مکانیکی محصول بتن پارچه‌ای تولیدی با فناوری ریخته‌گری در شکل (۷ الف) نشان داده شده است. مطابق با نتایج بدست آمده، نیروی تنشی قابل تحمل برای این نمونه در حدود  $(28 \text{ kN/mm}^2)$  بوده و میزان کرنش  $(\text{mm})$  این محصول تقریباً  $45 \text{ mm}$  است. رفتار مکانیکی نمونه بتن پارچه‌ای تولیدی با روش لایه ژئوممبران/چسب در شکل (۷ ب) نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده، نیروی قابل تحمل تنشی این نمونه در حدود  $(34 \text{ F/(kN/mm}^2))$  است و میزان کشش این نمونه در حدود متوسط  $43 \text{ mm}$  می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که نمونه بتن پارچه‌ای حاصل از ریخته‌گری پلیمری رفتار مکانیکی قابل قبولی نسبت به نمونه حاصل از لایه‌ی ژئوممبران/چسب در ارتباط با تنش‌های مکانیکی از خود نشان داده و می‌تواند به عنوان محصول مناسب در کاربردهای مختلف بتن پارچه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۴-۳- مطالعه رفتار شیمیایی محصولات بتن پارچه‌ای

محصولات بتن پارچه‌ای تولید شده بر پایه ریخته‌گری پلیمری و لایه ژئوممبران با استفاده از حلال‌های مختلف به منظور تعیین مقاومت شیمیایی، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

بتن پارچه‌ای تهیه شده بر پایه ریخته‌گری، به دلیل اتصال یکنواخت و قوی به پارچه حاوی سیمان خشک در مقابل بیشتر حلال‌های ذکر شده رفتار شیمیایی مناسبی را نشان داده است. با این حال، نمونه بتن پارچه‌ای تهیه شده بر پایه ژئوممبران که از چسب برای اتصال لایه پلیمری پلی ویمیل کلراید به پارچه استفاده شده، در بیشتر حلال‌ها با کاهش مقاومت روبه‌رو بوده و فرایند لایه لایه شدن اتفاق افتاده است، همانطور که در جدول (۲) به نمایش گذاشته شده است.

در محصول بتن پارچه‌ای ساخته شده بر پایه خمیر پلیمری، بالا بودن میزان اتصال و چسبندگی لایه پلیمری به پارچه در فرایند ریخته‌گری خمیر پلیمری، حلال و سایر

شرایط محیطی فقط از یک سمت با این لایه در ارتباط هستند و با توجه به یکدست شدن محصول و ماهیت پوشش پلیمری، تغییرات زیادی در کل محصول ایجاد نشده است. از طرف دیگر، محصول تهیه شده بر پایه لایه (ژئوممبران/چسب) میزان تغییرات بیشتر است. در نقاطی از محصول بدست آمده با چسب، اتصال بین لایه ژئوممبران و زیرلایه که توسط چسب کامل نبوده، باعث از بین رفتن حدودی چسبندگی، لایه لایه شدن و متورم شدن محصول می‌شود. زیرا وجود سیمان خشک در پارچه به هنگام آغشته کردن آن با چسب، باعث می‌شود که چسب به صورت کامل با بستر پلی استر تماس پیدا نکند و این موضوع باعث اتصال نقطه‌ای زیرلایه به ورق ژئوممبران خواهد شد. نتایج حاصل از این آزمون نشان می‌دهد که این محصول می‌تواند در بسیاری از کاربردهای که با سیال‌های شیمیایی در ارتباط است، نسبت به بتن پارچه‌ای ساخته شده با لایه ژئوممبران/چسب بهتر عمل کند.

شکل ۶. رفتار مکانیکی تک لایه پوششی مربوط به پوشش خمیری و لایه ژئوممبران پلی وینیل کلراید

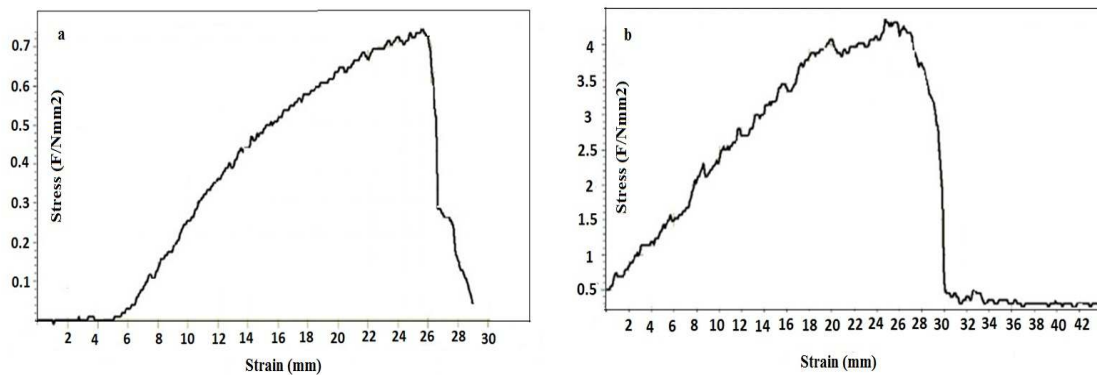


Fig. 6. Mechanical behavior of coating related to paste coating and polyvinyl chloride geo-membrane layer

شکل ۷: مقاومت کششی و تنش مربوط به محصول بتن پارچه‌ای برپایه پوشش خمیری پلی وینیل کلراید و لایه ژئوممبران

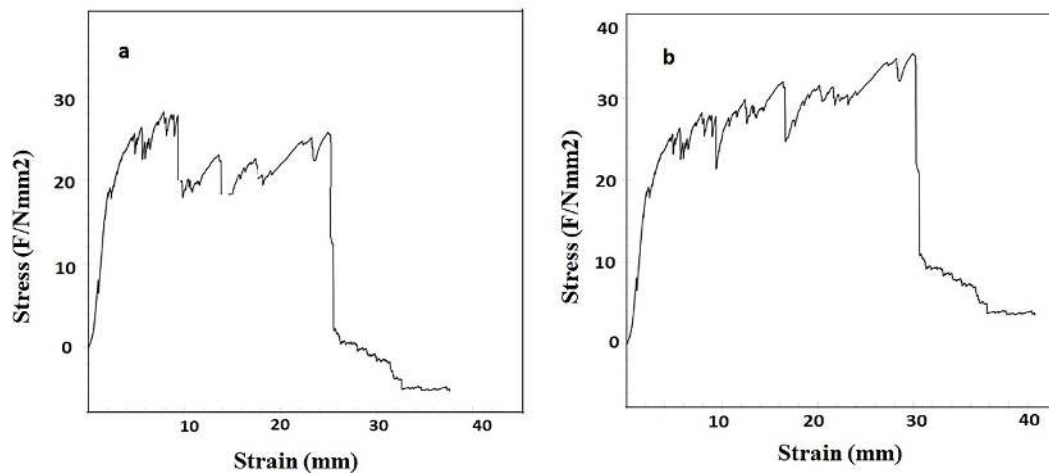


Fig. 7. Tensile and stress strength of fabric concrete product based on polyvinyl chloride paste coating and geomembrane layer

جدول ۱. نتایج اجزا مختلف سیمان مورد استفاده در ساختار بتن پارچه‌ای

| Component | MgO     | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | CaO              | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> |
|-----------|---------|-------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|
|           | 0.75%   | 0.02%             | 0.162%                        | 38.12%           | 14.23%                         | 39.42%                         | 4.26%            |
|           | Cr      | Ni                | L.O.I                         | K <sub>2</sub> O | MnO                            | TiO <sub>2</sub>               | SO <sub>3</sub>  |
|           | 494 ppm | 316 ppm           | 0.83%                         | 0.06%            | 0.168%                         | 1.586%                         | 0.026%           |

جدول ۲. نتایج مقاومت شیمیایی بتن پارچه‌ای بر پایه فناوری ریخته‌گری و لایه ژئوممبران (علامت × به معنای لایه نشدن و علامت √ به معنای لایه شدن محصول می‌باشد).

| Sample             | Solvent test (r.t.) | Weight changes | Delamination after test |
|--------------------|---------------------|----------------|-------------------------|
| Casting based      | Benzene, 48h        | 2.5% increase  | ×                       |
| Geo-membrane based | Benzene, 48h        | 1.5% decrease  | √                       |
| Casting based      | Octane, 48h         | 0.5% increase  | ×                       |
| Geo-membrane based | Octane, 48h         | 2% increase    | ×                       |
| Casting based      | Hexane, 48h         | 2.7% increase  | ×                       |
| Geo-membrane based | Hexane, 48h         | 4% decrease    | √                       |
| Casting based      | Toluene, 48h        | 2% increase    | ×                       |
| Geo-membrane based | Toluene, 48h        | 3% increase    | √                       |
| Casting based      | Water, 48h          | 0.1% increase  | ×                       |
| Geo-membrane based | Water, 48h          | 1% increase    | ×                       |

**Table 2.** Results of chemical resistance of textile concrete based on casting technology and geo-membrane layer (symbol × means not layering and mark √ means product layering).

#### ۴-۴- مطالعه میزان آب بندی محصول

نمونه‌های که مربوط به شکل (۸) است از روش ریخته‌گری پلیمری و لایه ژئوممبران/چسب به منظور بررسی قدرت آب بندی محصول نهایی تهیه شده‌اند. به این منظور از قالب‌های نشان داده شده در شکل (۳) استفاده شد. در این مسیر، تلاش شده که ظرفیت محصولات ساخته شده در نگهداری حجم و وزن مشخصی از آب نسبت به زمان اندازگیری و مورد مطالعه قرار گیرد. به این منظور، نمونه‌ای مکعبی شکل از بتن پارچه‌ای بدست آمده از هر دو روش با استفاده از قالب استوانه‌ای تهیه و برای آزمایش آب‌بندی نمونه‌ها استفاده شد. نتایج مربوط به آزمون آب‌بندی محصولات تهیه شده با روش ریخته‌گری پلیمری و لایه ژئوممبران/چسب در شکل (۹) نشان داده شده است. شکل (۹ الف) مربوط به نمونه محصول ساخته شده با فناوری ریخته‌گری پلیمری است. همان‌گونه که در نمودار نشان داده شده است، بعد از گذشت حتی ۴۵ روز تغییری زیادی در حجم و وزن آب موجود در محصول بتن پارچه‌ای ایجاد نشده است و این نشان از پوشش محکم و یکنواخت از خمیر پلیمری را روی پارچه و یکپارچگی محصول بتن پارچه‌ای را به نمایش می‌گذارد. در ادامه، شکل

(۹ ب)، مربوط به نمونه محصول بتن پارچه‌ای ساخته شده با روش لایه ژئوممبران/چسب است. همانطور که نمودار نشان می‌دهد، در کمتر از ۱۰ روز، تغییرات بسیار بالایی در وزن و حجم در کل محصول (آب به علاوه بتن پارچه‌ای) ایجاد شده و آب به دیوارهای بیرونی نفوذ و محصول آب‌بندی را از خود از دست داده است.

در روش ریخته‌گری پلیمری و با توجه به خمیری بودن پلیمر/رزین در زمان پوشش‌دهی روی سطح پارچه، این خمیر به واسطه ویسکوزیته مناسب در شبکه سطحی سه بعدی پارچه تا حد مناسبی نفوذ کرده و با بستر سه بعدی پلی استر و سیمان خشک موجود در آن اتصال و برهمکنش مناسب فیزیکی را ایجاد می‌کند. در نتیجه لایه یکنواخت و مناسب روی سطح پارچه تشکیل می‌شود که اتصال مناسبی با زیرلایه برقرار کرده است. در مقابل، در روش لایه ژئوممبران/چسب، لایه ژئوممبران با انواع چسب روی پارچه قرار داده می‌شود. در این مسیر، چند عامل می‌تواند باعث اتصال کامل زیرلایه به ورق ژئوممبران نشود که عبارتند از: ۱- سیمان موجود روی سطح بستر که باعث مزاحمت برای چسب و پوشش یکنواخت چسب روی پارچه شود و ۲- چسب به صورت

زیرلایه سه بعدی بتن پارچه‌ای پوشش داده شد. نتایج حاکی از آن بود که نمونه ساخته شده با روش ریخته‌گری پلیمری/کامپوزیتی خواص دمایی، شیمیایی و مکانیکی مناسبی دارد. در این راستا، به منظور مقایسه تاثیر روش پوشش بتن پارچه‌ای بر کیفیت و خواص محصول، آزمایش‌های رفتار حرارتی، مکانیکی و میزان آب‌بندی برای هر دو نمونه تهیه شده با روش ریخته‌گری و روش لایه ژئوممبران صورت گرفت. نتایج نشان داد که نمونه تهیه شده با روش ریخته‌گری، رفتار دمایی، مکانیکی، شیمیایی و آب‌بندی، قابل قبولی نسبت به نمونه بتن پارچه‌ای ساخته شده با لایه ژئوممبران/چسب داشته است.

کامل روی سطح زیرلایه سه بعدی پخش نشده و باعث اتصال کامل لایه ژئوممبران و زیرلایه سه بعدی نشده باشد و در نتیجه راه نفوذ آب به جداره خارجی بتن پارچه‌ای ایجاد و آب بندی محصول نهایی از بین برود.

### ۵- نتیجه گیری

در این کار از فناوری ریخته‌گری پلیمری به منظور برطرف کردن برخی از محدودیت‌های محصول بتن پارچه‌ای از جمله لایه لایه شدن و اتصال نامناسب لایه ژئوممبران با پارچه حاوی سیمان در زمان تولید، استفاده شد. به این منظور، پوشش یکنواخت و مناسبی از خمیر کامپوزیتی پلیمر پلی وینیل کلراید توسط فناوری تیغه قابل تنظیم دکتر بلید روی

شکل ۸ محصول ساخته شده با بتن پارچه‌ای ساخته شده با فناوری ریخته‌گری پلیمری (نمونه الف مربوط به محصول ساخته شده بر پایه لایه ژئوممبران و نمونه ب مربوط به محصول ساخته شده بر پایه ریخته‌گری)



Fig. 8. Product made of fabric concrete made with polymer casting technology (sample A related to the product made on the basis of geo-membrane layer and sample B related to the product made based on casting)

شکل ۹. میزان تغییرات وزن آب موجود در مخزن‌های استوانه‌ای و مکعبی برای محصولات بتن پارچه‌ای

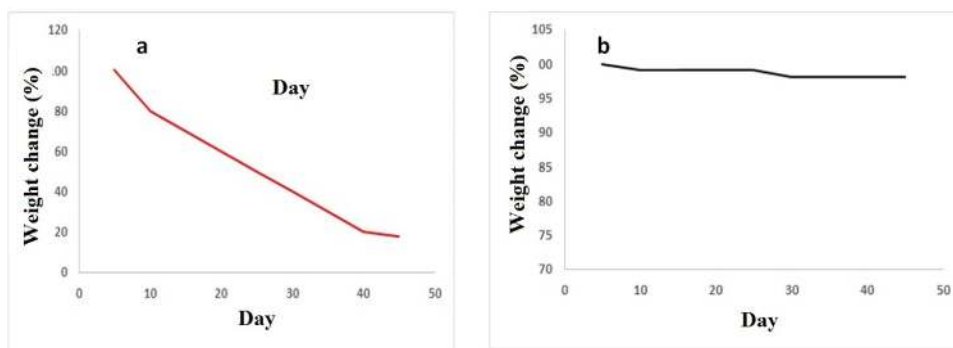


Fig. 9. The amount of water weight changes in cylindrical and cubic tanks for textile concrete products

جدول ۳: رفتار حرارتی محصولات بتن پارچه‌ای تهیه شده با فناوری ریخته‌گری و لایه ژئوممبران (علامت علامت  $\sqrt{\phantom{x}}$  به معنای جدا شدن لایه و علامت  $\times$  به معنای جدا نشدن لایه و از بتن پارچه‌ای می‌باشد)

| sample             | 80 °C                | 40 °C    | 20 °C    | 0 °C     | -10 °C               | -20 °C               |
|--------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------------------|----------------------|
| Casting based      | $\times$             | $\times$ | $\times$ | $\times$ | $\times$             | $\times$             |
| Geo-membrane based | $\sqrt{\phantom{x}}$ | $\times$ | $\times$ | $\times$ | $\sqrt{\phantom{x}}$ | $\sqrt{\phantom{x}}$ |

**Table 3.** Thermal behavior of fabric concrete products prepared with casting technology and geo-membrane layer (mark  $\sqrt{\phantom{x}}$  means separation of the layer and mark  $\times$  means that the layer does not separate from the fabric concrete.)

## ۶. منابع

1. Malnar L., Matjašić B., Kereš B. 2021 Concrete Canvas Application. In *6th International Conference on Road and Rail Infrastructure*, 1-10.
2. Kadam K. A., 2021 Development of Concrete Canvas for Structural Applications. *Civil Engineering Infrastructures*, 87, 637-644.
3. Guangya D., Zhou L., Wang J. Xu, Y. Geng X. Li. X. 2020 Shaking Table Tests on Gravel Slopes Reinforced by Concrete Canvas. *Geotextiles and Geomembranes*, 48, 539-545.
4. Yangfeng Z. Li. L., Zhang Z., 2017 Research on the Design of Concrete Canvas Furniture. *Furniture & Interior Design*, 8, 5-10.
5. Li H., Huisu C., Xiangyu L. Fangyuan Z., 2019 Design and Construction Application of Concrete Canvas for Slope Protection. *Powder Technology*, 344, 937-946.
6. Li H., Huisu C., Lin L., Fangyuan Z., Fangyu, H., Tao L., Wulong Z., Yujie Y. 2016, Application Design of Concrete Canvas (CC) in Soil Reinforced Structure. *Geotextiles and Geomembranes*, 44, 557-567.
7. Jun Z., Xu W., Weng X., Gao P., Yao Z., Su L., Wang J. 2020, Application and Research Status of Concrete Canvas and its Application Prospect in Emergency Engineering. *Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1-11.
8. Zhou L., Guangya D., Jie T., Xiaoxia Z., Jun W., Seismic. 2020 Response of Concrete-Canvas Reinforced Slopes: Influence of Tilt Degrees for Reinforcement. *Earthquake and Tsunami*, 14, 2050011.
9. Niu J., Wenming X., Jingjun Li., Jian L. 2021 Influence of Cross-Sectional Shape on the Mechanical Properties of Concrete Canvas and CFRP-Reinforced Columns. *Advanced Engineering Materials*. 5, 541-587.
10. Han F., Huisu C., Wulong Z., Tao L., Yujie Y., 2016 Influence of 3D Spacer Fabric on Drying Shrinkage of Concrete Canvas. *Industrial Textiles*, 45, 1457-1476.
11. Han F., Huisu C., Xiangyu L., Buchuan, Bao., Tao L., Wulong Z., Wen H. D. 2016 Improvement of Mechanical Properties of Concrete Canvas by Anhydrite-Modified Calcium Sulfoaluminate Cement. *Composite Materials*, 50, 1937-1950.
12. Pallavi K. P., Ansari U. A., 2018 Experimental Study on Concrete Canvas. *Advances in Scholarly Researches and Allied Education*, 15, 648 - 652.
13. Han F., Huisu C., Kefeng J., Wulong Z., Tao L., Yujie Y. 2014 Influences of Geometric Patterns of 3D Spacer Fabric on Tensile Behavior of Concrete Canvas. *Construction and Building Materials*. 65, 620-629.
14. Zhang F., Huisu C., Xiangyu L., Hui L., Tao, L., Wulong, Z., Yujie Y. 2017 Experimental Study of The Mechanical Behavior of FRP-reinforced Concrete Canvas Panels. *Composite Structures*, 176, 608-616.
15. Bahukudumbi, P., Randolph S. K., Mark A., Hornung P. B., William C. 2015 U.S. Patent 14/048,630.
16. Standard Test Method. 2013 Standard test Method for Tensile Properties of Plastics. *West Conshohocken*, PA, D638, 2013.
17. Standard Test Method. 2020 Tensile Strength of Geosynthetic Clay Liners. *West Conshohocken*, PA, STM D6768, 2020.
18. Standard Test Method. 2012 Fibre-Cement Flat Cheets. Product Specification and Test Methods. EN, BS, 2012.

# Polyvinyl Chloride Composite Paste for Coating in Concrete Canvas Structure with Casting Technology: Preparation and Characterization

Mohsen Moslehi<sup>1</sup>, Mohammad Fayyaz<sup>\* 2</sup>, Saeid Ahmadi

1. Researcher, Imam Hossein University, Faculty of science, Chemistry group, 2. Assistant Professor, Imam Hussein University, Engineering faculty, civil group, 3. Researcher, Imam Hossein University, Engineering faculty, civil group

## Abstract

The concrete canvas product consists of three main parts: the three-dimensional (3D) substrate with the cement mixture, the geo-membrane layer and the desired adhesive to connect the geo-membrane layer to the three-dimensional substrate. The three-dimensional layer is generally made of polyester, polypropylene and other engineered polymer had good mechanical and chemical properties, and has different thicknesses, suitable for various applications. This three-dimensional layer is designed in such a way that it has different textures on both sides so that the cement is poured into the space of the three-dimensional layer on one side and nothing spills out of the other layer. In the next step, this process is completed by connecting the geo-membrane layer to it. In industrial application; the geo-membrane layer formulation (including polymer-based resin, emollient, impact curing, filler, etc.) is designed in such a way that in addition to moisture insulation properties, mechanical strength and good chemical resistance to moisture dilute alkaline and acidic environments. In this way, a desired adhesive with desired formulation (including adhesive base resin, solvent, activator and type of catalytic additive, etc.) was selected for connecting of geo-membrane to 3D substrate. To achieve a suitable product, in addition to the geo-membrane layer, the adhesive selected to connect the geo-membrane layer to the three-dimensional substrate must have the appropriate viscosity to be able to completely cover the three-dimensional substrate and cause the two layers to be fully connected to each other. . If the adhesive used cannot create a suitable coating on the geo-membrane layer, by penetrating the fluid around the adhesive, it will weaken and thus destroy the entire coating layer and thus separate the layered concrete layers. In this way, one of the main disadvantages of concrete canvas produced by conventional methods is the separation/layering of the coating layer from the concrete canvas substrate due to thermal and mechanical stress, which weakens the adhesive connecting the layer to the substrate which creates practical problem for this product. In this work, the polymer casting technology based on polyvinyl chloride paste was used to cover a concrete canvas and the properties of the product were investigated. In this method, the polymer paste is coated on the three-dimensional substrate in one step without using (geo-membrane / adhesive) by Dr. Blade knife in a certain thickness. The results showed that the fabric concrete made based on the PVC paste casting method, has good sealing, mechanical and chemical resistance and has good resistance against layering. The results showed that the fabric concrete product obtained from the polymer casting method based on (resin / polyvinyl chloride paste) in terms of mechanical strength, showed acceptable properties compared to the geo-membrane layer and the overall fabric concrete product and also In terms of chemical properties (resistance to various solvents), it has a much better resistance than the sample made by conventional methods (geo-membrane / adhesive). This product (concrete canvas) has also shown better resistance to water leakage against the sealing of the product, the overall product made by the polymer casting method.

**Keywords:** Concrete canvas, Geo-membrane, Polymeric Casting Method, Polyvinyl Chloride Resin