



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

بتن پارچه ای و کاربردهای آن در مهندسی عمران

*کریم علی زهی^۱، محمد علی دشتی رحمت آبادی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران - مدیریت ساخت دانشگاه آزاد اسلامی

یزد

۲- استاد یار گروه مهندسی عمران، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

dashti@iauyazd.ac.ir

چکیده

بتن یکی از مصالح اصلی و بنیادین در امر ساخت و ساز پروژه های عمرانی است. امروزه با پیشرفت سریع تکنولوژی، به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی، زمان و هزینه های اجرای پروژه های عمرانی، روش ها و مصالح جدید، جایگزین مصالح قدیمی گردیده است. یکی از منحصر به فردترین محصولات جایگزین بتن، بتن پارچه ای می باشد. بتن پارچه ای، یک کامپوزیت با خواص سیمانی ژئوسنتیک ورقه ای است. [۱،۲] با استفاده از تکنولوژی بتن پارچه ای، در کمتر از ۲۴ ساعت به سطح بتنی دلخواه خواهید رسید. با توجه به کاربرد وسیع این محصول، اجرای سریع و آسان با تجهیزات کمتر، در این مقاله، به تشریح بتن پارچه ای و کاربرد آن در پروژه های عمرانی جهت آشنایی متخصصین ایرانی و ترغیب سرمایه گذاران برای تولید محصول مذکور در ایران، پرداخته شده است. امید آن که در این راستا، قدمی برداشته شده باشد.

واژگان کلیدی: بتن پارچه ای، عمل آوری، سازه های بتنی، کاربرد بتن پارچه ای، خواص بتن پارچه ای، مزایای بتن پارچه ای



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

۱-مقدمه:

یک ماده کامپوزیتی با GCCM، (Geosynthetic Cementitious Composite Mat) بتن پارچه ای یا پارچه بتنی [۱] است. خواص سیمانی ژئو سنتیک به حالت ورقه ای طبق شکل (



شکل (۱) - بتن پارچه ای در حال پهن شدن بر روی سطح زمین توسط اپراتور [۱].

بتن پارچه ای، یکی از نوآوری های منحصر به فرد، در سال های اخیر می باشد. که این محصول در حال حاضر توسط تعدادی از کمپانی های اروپایی در حال تولید و عرضه در بازار می باشد.

بتن پارچه ای، برنده جایزه بهترین محصول سال، در سال های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ از طرف فدراسیون ثبت اختراعات جهانی گردید، و مجله جهانی (ساخت و ساز) این محصول را انقلابی در صنعت ساخت و ساز اعلام نمود. با استفاده از تکنولوژی بتن پارچه ای در کمتر ۲۴ ساعت به سطح بتنی دلخواه خواهید رسید. فقط کافی است که بتن پارچه ای را بر روی سطح دلخواه گذاشته و به مقدار مناسب، سطح مورد نظر را مرطوب کنید، بتن بعد از گذشت ۱۲ تا ۲۴ ساعت به خود حجم گرفته و سخت می شود. پارچه بتنی به عنوان تکنولوژی روز دنیا، کمک شایانی به صرفه جویی در مصرف انرژی، افزایش سرعت ساخت و ساز و کاهش هزینه ها در اجرای پروژه های ساختمانی و بازگشت سریع سرمایه می کند [۱].

۲- کاربرد و انواع بتن پارچه ای

بتن پارچه ای، برای اولین بار در سال ۲۰۰۴ در لندن ابداع و اختراع گردید. از سال ۲۰۰۵ این محصول توسط یک کمپانی انگلیسی با نام تجاری کانکریت کنویز (concrete canvas) برای مصرف در پروژه های عمرانی و ساخت پناهگاه به تولید انبوه رسید. [۲،۳]



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

۲-۱- از جمله موارد قابل مصرف بتن پارچه ای در پروژه های عمرانی طبق شکل (۲،۳،۴) :

۲-۱-۱- ساختمان سازی (ساختمان های اداری، تجاری، مسکونی و....)،

۲-۱-۲- ساخت بناهای فوری (بیمارستان و سنگر و) (طبق شکل-۲ شکل وسط)،

۲-۱-۳- راه و جاده سازی،

۲-۱-۴- پوشش انهار در صنعت کشاورزی (طبق شکل-۲ شکل سمت چپ)، و جاده سازی،

۲-۱-۵- سدسازی،

۲-۱-۶- پایه ریزی پل ها یا سازه های بلند،

۲-۱-۷- عایق کردن سطوح در برابر آتش،

۲-۱-۸- اجرای بناهای دکوری،

۲-۱-۹- روکش دادن لوله های بین شهری (لوله های گاز، آب، نفت و هیدروکربن)،

۲-۱-۱۰- ایجاد روکش حفاظتی برای لوله های داخل آب،

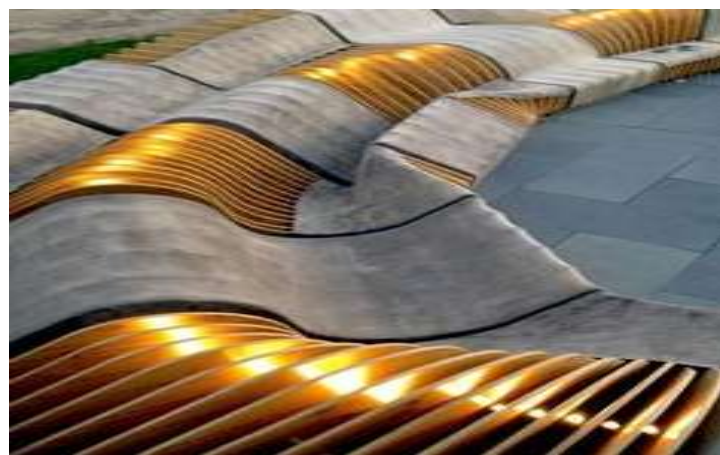
۲-۱-۱۱- ایجاد سریع روکش بتنی در شیب تند کنار جاده ها (طبق شکل-۲ شکل سمت راست)،

۲-۱-۱۲- ایجاد عایق برای تانکرهای سوخت، آب، مواد شیمیایی و... [۲،۳].



چند

بتن



شکل (۲)-

نمونه از

کاربردهای



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

پارچه ای در پروژه های عمرانی [۲].

شکل (۳) - چند نمونه از کاربردهای بتن پارچه ای در پروژه های عمرانی [۲].



شکل (۴) - چند نمونه از کاربردهای بتن پارچه ای در پروژه های عمرانی [۳].

بتن پارچه ای را می توان در کف کانال های آبیاری و زهکشی یا کانال های آب بر روی خاک پهن (طبق شکل ۲- شکل سمت چپ) کرد. اگر عرض کانال آب کشاورزی یا زهکشی کم باشد عرض بتن پارچه ای (عرض یک رول بتن پارچه ای) در حدود یک متر به راحتی، کف کانال را پوشش می دهد. اگر عرض کانال زیاد باشد می توان رول های بتن پارچه ای را با هم پوشانی عرضی رول های بتن پارچه ای و پس از آن در صورت نیاز اتصال آب بند، سطح را پوشش داد. که در نهایت پوشش بتن پارچه ای به علت انعطاف پذیر بودن محصول، می تواند به شکل مقطع کانال، شکل دهی شود. پس از پهن کردن پوشش بر روی سطح و میخ کردن آن به زمین یا ثابت نمودن آن بر روی زمین، حال با آب پاشی و عمل آوری پس از دو ساعت، کانال قابل بهره برداری می باشد. البته ۲۴ ساعت طول می کشد تا بتن پارچه ای به مقاومت نهایی خود دست یابد. در نهایت یک بتن پارچه ای با ضخامت ۸ میلیمتر پس از عمل هیدراته شدن، می تواند جایگزین یک پوشش بتنی مسلح با ضخامت ۱۰۰ میلیمتر در کف کانال ها و ترانشه های انتقال آب باشد. [۴،۶]

۳- نحوه اجرای بتن پارچه ای:

بتن پارچه ای (Concrete Canvas) که به اختصار آن را با عبارت CC نشان می دهند، یک پارچه تلفیق شده بتنی نازک انعطاف پذیر است. که در هنگام تماس با محیط آبی، سخت می شود، ماده حاصل از فرایند مذکور، دوام پذیر، ضد آب و لایه ای ضد آتش می باشد. بتن پارچه ای در زمان ساخت بدون نیاز به تجهیزات ساخت بتن یا مخلوط کردن مصالح، قابل اجرا می باشد. به راحتی قابل اجرا بر روی هر سطح با هر شکلی می باشد و برای سخت شدن فقط به آب نیاز دارد.



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

بتن پارچه ای (C) شامل الیاف سه بعدی با یک فرمول خاص از مخلوط بتن می باشد. پوشش پی.وی.سی بر روی یک طرف سطح پارچه، تضمین کننده ضد آب بودن محصول می باشد. در شکل (۳)، شماتیکی از مقطع بتن پارچه ای نشان داده شده است. [۳,۵]

۴- مزایا بتن پارچه ای :

- ۴-۱- کاملاً نسوز
- ۴-۲- سهولت در جا به جایی به دلیل انعطاف بسیار زیاد
- ۴-۳- سرعت ساخت بالای این نوع بتن
- ۴-۴- پس از ۲ ساعت به مقاومت قابل ملاحظه ای می رسد و بعد از ۲۴ ساعت ۸۰٪ مقاومت نهایی خود را کسب می کند. با اضافه نمودن مواد افزودنی به مخلوط خشک آن، زمان ساخت این محصول را کاهش داد. [۵]
- ۴-۵- سهولت در اندازه گیری و برش
- ۴-۶- چسبندگی خوب سطح PVC به سطح بتنی یا آجری
- ۴-۷- سهولت در تعمیر
- ۴-۸- بعد از هیدراتاسیون کاملاً سخت و محکم می شود .
- ۴-۹- استفاده از الیاف تقویت کننده قوی در این محصول موجب جلوگیری از ترک خوردن و کاهش دوام آن می شود.
- ۴-۱۰- شکل دهی آسان [5]

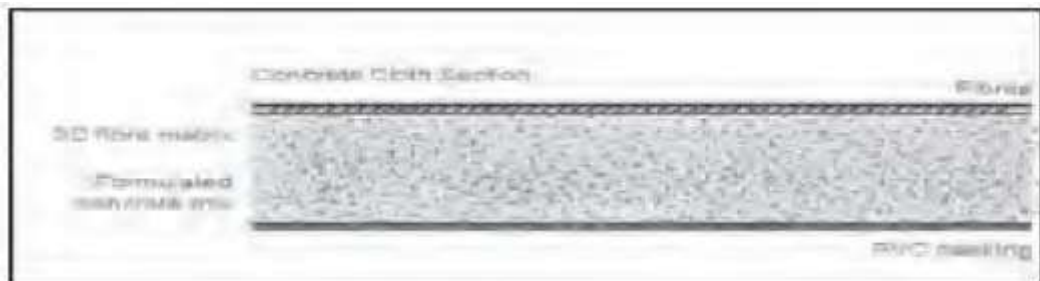
اخیراً، بتن پارچه ای آب بند با پوشش مقاوم ژئوممبران برای ایجاد سطوح آب بند، تولید شده است. که تولید بتن پارچه (C) با پوشش ژئوممبران، تست آب بندی سطح حاصله را امکان پذیر نموده است به طوری که نوارهای بتن پارچه ای با جوش دادن نواری حرارتی ورق ژئوممبران، اتصال پذیر به یگدیگر می باشند.

۵- مقایسه تجاری بتن پارچه ای با بتن معمولی :

- ۵-۱- اجرای سریع تر بتن پارچه ای نسبت به بتن معمولی،
- ۵-۲- اجرای آسان تر بتن پارچه ای،
- ۵-۳- قیمت مناسب تر در زمان اجرا برای بتن پارچه ای،
- ۵-۴- میزان پرت مصالح در بتن پارچه ای خیلی کم و در حد صفر می باشد،
- ۵-۵- میزان آب مصرفی جهت عمل آوری بتن پارچه ای از آب مصرفی در بتن معمولی کمتر می باشد [6].



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل (۵) - شمانیک مقطع بتن پارچه ای [۶].

۶- مشخصات مکانیکی و هندسی بتن پارچه ای

پارچه خشک این محصول را به آسانی می توان توسط ابزار های دستی ساده مانند چاقو و قیچی قطع کرد و سطح پی وی سی آن را می توان به خوبی به سطوح بتنی یا آجری چسباند، و به راحتی نیز با سیمان تعمیر نمود. این محصول قبل از هیدراتاسیون بسیار انعطاف پذیر است و به راحتی روی هر سطحی قرار می گیرد و بعد از هیدراتاسیون کاملا سخت و محکم می شود. استفاده از الیاف تقویت کننده ی قوی در این محصول موجب جلوگیری از ترک خوردگی، جذب انرژی و دوام می شود. کاربرد مواد سرامیکی در این محصول سبب ضدحریق شدن آن می گردد [۱]. بتن پارچه ای در رول های به عرض ۱ متر یا ۱.۱ متر تولید می شود. طول رول ها ۵.۴ متر با وزن حدود ۶۰ کیلوگرم یا ۲۰۰ متر با وزن بیش از ۵.۱ تن می باشد. این محصول در حال حاضر در ۴ ضخامت (۳، ۵، ۸ و ۱۳ میلیمتر، به طور مثال ضخامت ۵ را با $\text{C}5$ نمایش می دهند) و در ۴ رنگ مختلف در بازار موجود می باشد [۳]. بتن پارچه ای $\text{C}5$ ، هشتاد درصد مقاومت خود را پس از ۲۴ ساعت از هیدراته شدن، کسب می کند. عمل آوری بتن پارچه ای با اسپری آب تا زمانی که سطح محصول مرطوب گردد، برای چندین دقیقه بعد از آب پاشی صورت پذیرد. در عمل آوری بتن پارچه ای به نکات ذیل بایستی توجه گردد: [۶]

هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل (۶): سهولت در اندازه گیری و برش [7]

مینیمم نسبت آب به بتن پارچه ای معادل نسبت وزنی ۲:۱ می باشد. به هیچ وجه آب بر روی بتن پارچه ای با فشار پاشیده نشود که این امر سبب شسته شده مواد بتن پارچه ای می گردد، عمل آوری بتن پارچه ای در آب شور و آب غیر شور امکانپذیر می باشد، بتن پارچه ای، پس از ۱ الی ۲ ساعت از هیدراته شدن قابل کاربرد می باشد. در زمان عمل آوری بتن پارچه ای، آن را بر روی سطح جابه جا نکنید، زمان عمل آوری بتن پارچه ای با افزایش دما، افزایش می یابد، بتن پارچه ای در ۲۴ ساعت سخت می شود اما این عمل برای کسب مقاومت اصلی تا یک سال به طول می انجامد، اگر سطح بتن پارچه ای کاملاً مرطوب نگردد ممکن است سبب تاخیر در عمل آوری و کاهش مقاومت بتن گردد. اگر عمل آوری با تاخیر مواجه گردد، دوباره مرطوب کردن بتن پارچه ای با یک مقدار آب بیشتر، امکان پذیر می باشد [۸].

۷- مقاومت کششی و فشاری بتن پارچه ای

مقاومت فشاری بتن پارچه ای، آزمایش شده براساس استاندارد **ASTM C92** (براساس ترک اولیه) پس از ۱۰ روز تحت تنش شکست، معادل ۴۰ مگا پاسکال بدست می آید. مقاومت خمشی بتن پارچه ای آزمایش شده بر اساس استاندارد **BS EN 1267** (براساس ترک اولیه) پس از ۱۰ روز برای تنش شکست کششی معادل ۴.۳ مگا پاسکال و مدول یانگ خمشی معادل ۱۸۰ مگا پاسکال می باشد. مقاومت کششی برای انواع محصولات بتن پارچه ای با ضخامت های مختلف بر حسب جدول شماره (۱) منظور می گردد. [۸]



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

جدول (۱) - مقاومت کششی بتن پارچه ای با ضخامت های مختلف (براساس ترک اولیه) [۸]

مقاومت کششی در راستای عرضی ورق (KN/M)	مقاومت کششی در راستای طولی ورق (KN/M)	بتن پارچه ای
۳.۸	۶.۷	میلیمتر) ۵ (با ضخامت ۳)
۶.۶	۸.۶	میلیمتر) ۸ (با ضخامت ۳)
۱۲.۸	۱۹.۵	میلیمتر) ۱۳ (با ضخامت ۳)

از جدول (۱) مشاهده می گردد که مقاومت کششی بتن پارچه ای در راستای طولی رول های بتن پارچه ای، بیشتر از راستای عرضی آن می باشد و زمانی که کشش در طراحی برای پروژه مطرح باشد بهتر است بتن پارچه ای به گونه ای قرار گیرد که راستای طولی بتن پارچه ای در راستای تنش کششی بیشتر واقع گردد. [۸].

۸- مقاومت در محیط های شیمیایی خوردنده و طول عمر

بتن پارچه ای دارای مقاومت عالی در محیط های خوردنده شیمیایی است که این امر با انجام آزمایشاتی که در شرایط محیطی اسیدی (P4) و محیط قلیایی (P25) براساس استاندارد 444-BS بر روی نمونه های مذکور صورت پذیرفته است، به خوبی مشخص می گردد. [۹].

طول عمر واقعی بتن پارچه ای هنوز مشخص نمی باشد و براساس آزمایش تست عمر تسریع شده (Accelerated age tests) نشان می دهد که بتن پارچه ای دارای طول عمر بیش از ۵۰ سال در شرایط آب و هوایی کشور انگلستان می باشد. این آزمایش براساس تست های چرخه ای یخ زدگی- آب شدگی و حرارت- بارانی و خیس کردن - خشک شدن بر روی نمونه های بتن پارچه ای صورت پذیرفته است، و در حال حاضر، تعداد تست های چرخه ای در حالت افزایش می باشد و شاید در آینده طول عمر بیشتری را برای بتن پارچه ای بتوان تخمین زد.

در مراحل تولید بتن پارچه ای، براساس شرایط محیطی می توان مواد دیگری را در ترکیب بتن پارچه ای اضافه نمود. به طور مثال، اگر بتن پارچه ای با مش های فلزی برای جلوگیری از فرسایش زمین به کار می رود، در این حالت، کنترل فرسایش زمین توسط بتن پارچه ای صورت پذیرفته و نیروهای کششی وارده، توسط مش های فلزی در ماده مرکب تحمل می گردند. [۴، ۱۰، ۹].

۹- نحوه آب بندی بتن پارچه ای

با جوش حرارتی، عمل اتصال محکم و غیر قابل نفوذ، برای نوارهای بتن پارچه ای (EM) ایجاد می گردد. بتن پارچه ای به ضخامت های مختلف را می توان با جوش حرارتی، از طرف پوشش پی. وی. سی روی بتن

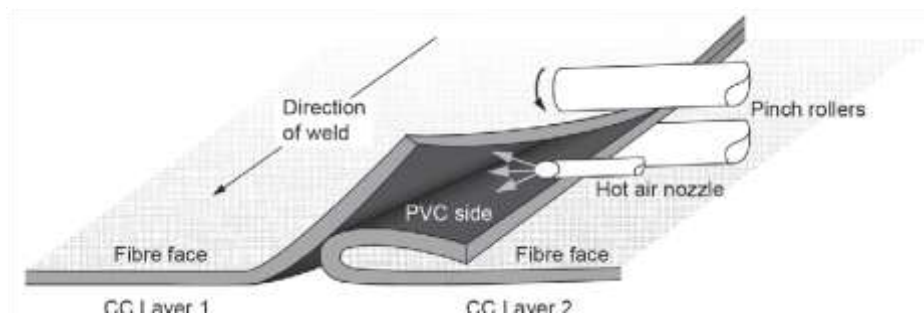


هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

پارچه ای، آب بندی کرد. روش پیشنهادی طبق شرح ذیل می باشد. عملیات جوشکاری در حدود ۶ متر طول در یک دقیقه توسط یک اپراتور امکانپذیر می باشد. وسایل مورد نیاز برای جوش حرارتی شامل: دستگاه جوش حرارتی، دستکش ایمنی و ماسک ایمنی می باشد. [۱۰]

مراحل جوش حرارتی آب بند بین دو لایه بتن پارچه ای به شرح ذیل می باشد:

۹-۱- دو لایه بتن پارچه ای را از سمت پوشش پی . وی . سی همانند شکل (۴) به طول ده سانتیمتر بر روی هم اورلپ نمایید.

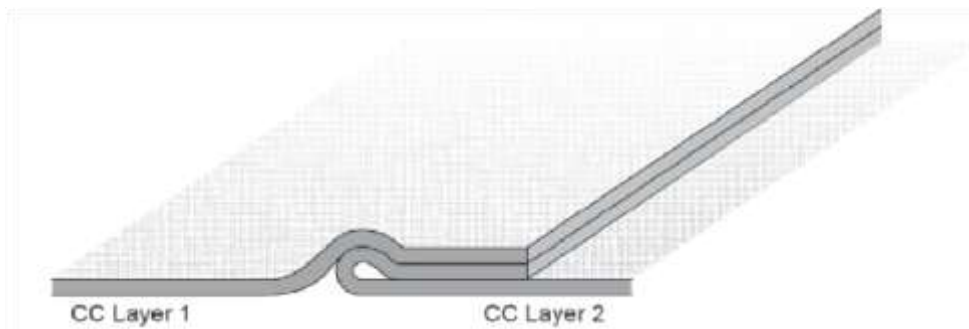


شکل (۷) - نحوه اجرای عملیات اتصال آب بند، ورق های بتن پارچه ای [۱۰].

۹-۱-۱- حال نازل هوای گرم ماشین جوش را بین دو لایه قرار داده و سرعت حرکت نازل را برحسب حرارت نازل تنظیم نمایید. (به طور مثال سرعت ۲ را برای حرارت ۵.۴ کافی می باشد)
 ۹-۱-۲- در این مرحله جوش اتوماتیک را شروع کنید و به همراه حرارت دادن، دو غلطک با حرکت در پشت دستگاه جوش، دو لایه را به هم می فشرد. تا عمل اتصال دو لایه پی . وی سی حرارت دیده به آسانی صورت پذیرد.

۹-۱-۳- در نهایت همه اتصالات روی هم رفته، نوارهای بتن پارچه ای طبق شکل (۵) (اتصال دو ورق آب بند به یکدیگر) دارای اتصال آب بند می گردند. در شکل (۵) نمایی از بتن پارچه ای با اتصالات آب بند در کف لاگون نگهداری آب یا فاضلاب به صورت آب بند، پس از فرآیند هیدراته شدن بتن، را مشاهده می نمایید. [۱۱]

هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل (۸) - اتصال آب بند بتن پارچه ای پس از اجرا [۱۱]



شکل (۹) - بتن پارچه ای با اتصالات آب بند در کف لاگون
نگهداری آب یا فاضلاب [۱۱]

۱۰- کاربرد خاص بتن پارچه ای در پدافند غیر عامل

بتن پارچه ای برای ساخت پناهگاه (طبق شکل (۷)) در مناطق جنگی و حفاظت در برابر ترکش و آتش نیز به کار می رود، همچنین قادر به تحمل فشار ناشی از ماسه مرطوب به ارتفاع ۷۵.۰ متر از اطراف و ۵.۰ متر از سقف را دارا می باشد. در ساخت سریع سواره رو جهت ایجاد سطوح فرود، تقویت سازه پوشش کانال، پوشش تونل تثبیت زمین و... نیز کاربرد دارد [۱۱].





هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

شکل (۱۰) - کاربرد بتن پارچه ای در ساخت پناهگاه [۳].

براساس مفاد ارائه شده توسط تولید کنندگان فعلی بتن پارچه ای در دنیا، هر دو نفر در مدتی کمتر از یک ساعت می توانند پناهگاهی به مساحت ۲۵ متر مربع را از بتن پارچه ای آماده کنند. روش آماده کردن به این ترتیب می باشد که پمپ بادی ابتدا جهت باد کردن و شکل دادن اولیه استفاده می شود. سپس جان پناه بتنی به خوبی به زمین محکم شده و آب پاشی کاملی بر روی آن انجام می شود. پس از ۲۴ ساعت، سازه به اندازه کافی مقاومت کسب نموده و مطابق شکل (۸)، پناهگاه، آماده بهره برداری می باشد [۳].



شکل (۱۱) - مراحل ساخت پناهگاه با مصالح بتن پارچه ای [۳].

۱۱- نتیجه گیری

- ۱- باتوجه به سرعت اجرای بتن پارچه ای و نیاز کشور برای این نوع محصول در پروژه های آبیاری و زهکشی در راستای کاهش میزان هدر رفت آب پیشنهاد می شود و کاملا اقتصادی است.
- ۲- به دلیل افزایش فرسایش خاک در ایران، استفاده از این محصول که در شرایط مختلف توپو گرافی قابل اجرا می باشد جهت اجرای پوشش محافظ سطح پیشنهاد می گردد.
- ۳- جهت ساخت پناهگاههای در محل های صعب العبور کشور و یا پاسگاه های مرزی در نقاط صعب العبور، استفاده از این محصول پیشنهاد می گردد.



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

- ۴- جهت پوشش بدنه سدهای خاکی، که در سال های اخیر نیز در کشور بسیار مطرح می گردد استفاده از این محصول پیشنهاد می گردد.
- ۵- جهت پوشش کف پیاده روهای مناطق شلوغ شهری، که استفاده از ماشین آلات جهت اجرای آن باعث ایجاد
- ۶- مشکلات شهری می گردد این محصول مقرون به صرفه می باشد.
- ۷- استفاده از این نوع بتن می تواند جایگزین مناسبی با بتن های معمولی که در حال حاضر استفاده می شوند باشد.
- ۸- استفاده از این محصول زمان اجرا را کوتاه و باعث اقتصادی شدن پروژه ها می گردد.



هفتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

- [1] Hegger, J.; Voss, S. "Investigations on the Bearing Behaviour and Application Potential of Textile Reinforced Concrete"; Eng. Struct. 2008, 30, 2050-.6502
- [2] Colombo, I. G.; Magri, A.; Zani, G.; Colombo, M.; di Prisco, M. "Textile Reinforced Concrete: Experimental Investigation on Design Parameters"; Mater. Struct. 2013, 46, 1953-.1791
- [3] Peled, A. "Strain Hardening Behavior of Textile Reinforced Concrete (TRC)"; Proc. of the SHCC2-Rio. Conference. 2011, 45-.25
- [4] Hartig, J.; Heubler-Combe, U.; Schicktanz, K. "Influence of Bond Properties on the Tensile Behaviour of Textile Reinforced Concrete"; Cem. Concr. Compos. 2008, 30, 898906.
- [5] Concrete Canvas Ltd. "Concrete Canvas"; <http://www.concretecanvas.com>, 2005, accessed 22 July 2012.
- [6] Han, F. Y.; Chen, H. S.; Jiang, K. F. "Influences of Geometric Patterns of 3D Spacer Fabric on Tensile Behavior of Concrete Canvas"; Constr. Build. Mater. 2014, 65, 620–629.
- [7] Balaguru, P.; Ramakrishnan, V. "Properties of Fiber Reinforced Concrete: Workability, Behavior under LongTerm Loading, and Air-Void Characteristics"; ACI. Mate. 1988, 85, 189–196.
- [8] Bao, B. C. "Preparation and Performance of Concrete Canvas (in Chinese)"; MSc. Thesis, Southeast University, Nanjing, 2013.
- [9] AUTODYN, Theory Manual, Century Dynamics, 2006.
- [10] Johnson, G. R.; Cook, W. H. "A Constitutive Model and Data for Metals Subjected to Large Strains, High Strain Rates and High Temperatures"; Proc. of the Seventh International Symposium on Ballistics, The Hague, the Netherlands, 1983, 541–548.
- [11] حیدری، ع.، عباسی گوجانی، د.، " فناوری پارچه بتنی و قابلیت آن از منظر پدافند غیر عامل "، اولین همایش ملی ساختمان و تکنولوژی های نوین در صنعت ساختمان، دانشگاه آزاد یزد، میبد، یزد، ۱۳۹۲.