

طراحی و مدل‌سازی منسوج برای قالب بتنی و بررسی امکان تولید آن

فاطمه محمدخانی^۱، سید محمد عترتی^۲، امیر رضا ذراتی^۳ و محمد شیخزاده^۴

۱. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی نساجی، دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲. استادیار و عضو هیأت علمی دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۳. استادیار و عضو هیأت علمی دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۴. فارغ‌التحصیل دکتری مهندسی نساجی، دانشکده نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

در این مقاله به فرایند تولید و نحوه بارگذاری منسوجی که به عنوان قالب بتن استفاده می‌شود، پرداخته شده است. از آنجا که این منسوج به عنوان یک نوع خاص از انواع ژئوتکستایلها مطرح می‌شود، در ابتدا به اهمیت مصرف آنها به عنوان منسوجات تخصصی و نه سنتی اشاره شده است. سپس چگونگی انتخاب مواد اولیه، نحوه و فرآیند تولید منسوج مذکور بیان شده است. در ادامه به بررسی و ارتباط خصوصیات مهم منسوج موردنظر در زمان کاربرد و نحوه بارگذاری بر روی آن با استفاده از قوانین کابلها پرداخته شده است. با استفاده از تحلیل‌های منتج از بارگذاری حاصل از تزریق بتن در داخل قالب بتن، تغییر شکل‌های ایجاد شده در قسمتهای مختلف محاسبه شده است. این تحلیلها به نوعی در طراحی قالب بتنی از نوع منسوج و میزان مصرف بتن مؤثر می‌باشد.

واژگان کلیدی: منسوج، قالب بتن، مدل‌سازی

مقدمه:

در این مقاله به تولید و مدل‌سازی یک نمونه منسوج برای از مجاری باز آب در شرایطی که مجرأ دچار فرسایش شده و حدود خود را تغییر می‌دهد پرداخته شده است. هر زمان که تنش اعمال شده بر مصالح بستر مجرأ از تنش بحرانی آنها بیشتر شده و میزان رسوب ورودی به بازه مجرای آب از ظرفیت حمل آن کمتر باشد فرسایش اتفاق می‌افتد. در چنین حالاتی یا تراز بستر کاهش یافته و یا مجرای آب در طرف یکی از سواحل خود آب شکستگی ایجاد کرده به آن سمت حرکت می‌کند. فرسایش در مسیر جریان آب ممکن است به آب گرفتگی زمین‌های اطراف و یا تخریب سازه‌های رودخانه‌ای مثل پل‌ها بینجامد {۱،۲}.

نحوه تولید این منسوج که به عنوان قالبی برای بتن استفاده می‌شود بستگی به شرایط و وضعیت کاربرد آن به عنوان قالب دارد. با توجه به اینکه مقدار نیروهای هیدرولیکی و سایر نیروهایی که بر سطح بستر اعمال می‌شود ضخامت لایه بتنی و جرم واحد سطح آن را تعیین می‌نماید تولیدات متنوعی از این نوع منسوج توسط تولیدکنندگان آن تولید شده است {۳،۴}.

برای پی بردن به رفتار منسوج در موقعیت‌های مختلف و پیش‌بینی خصوصیات آن تحت شرایط خاص به مدل نمودن آن پرداخته شده است.

با توجه به اینکه منسوجات به عنوان یک جسم که تحت اثر نیروهای کششی، بایداری خوبی دارند مطرح می‌شوند و معمولاً نمی‌توانند نیروهای خمشی، برشی و فشاری را تحمل نمایند، به همین دلیل برای تجزیه و تحلیل آنها از قوانین کابل‌ها {۵} استفاده شده است.

کابل ممکن است تعدادی بار متumer را تحمل کند و یا بار گسترده باشد متغیر به آن وارد شود.

روابط کلی:

حالتی در نظر گرفته می‌شود که شدت بار W ثابت است، مانند کابل نگهدارنده یک پل معلق، از آنجا که وزن کابل در مقایسه با بارگذاری اعمال شده به آن ناچیز است از آن صرفنظر می‌شود. کابل تحت بارگذاری به شکل سه‌می در می‌آید و از دو تکیه‌گاه هم‌تراز A و B آویخته شده است (شکل ۱) (۶).

رابطه تعادلی زیر را برای کابل‌ها می‌توان نوشت:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{W}{T_0} \quad \text{رابطه ۱}$$

بر اساس رابطه بالا می‌توان شبیه کابل را به صورت تابعی از x بدست آورد.

$$y = \frac{wx^2}{2T_0} \quad \text{رابطه ۲}$$

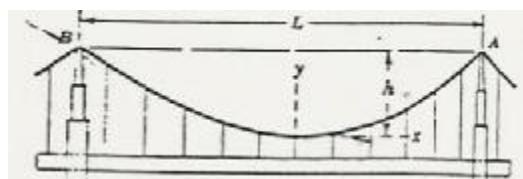
$= T$ مؤلفه افقی کشش کابل

کشش کابل (T) را می‌توان از دیاگرام آزاد یک طول محدود کابل مانند آنچه که در شکل ۶ نشان داده شده است، بدست آورد.

$$T = \sqrt{T_0^2 + w^2 x^2} \quad \text{رابطه ۳}$$

محاسبه طول کل کابل را با انتگرال‌گیری از طول جزوی از کابل که برابر با $ds = \sqrt{(dx^2) + (dy^2)}$ می‌باشد امکان‌پذیر می‌گردد. طول کابل در صورتی که کابل دارای تکیه‌گاه‌های هم‌تراز باشد از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$S = L \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{h}{l} \right)^2 + \frac{32}{5} \left(\frac{h}{l} \right)^4 + \dots \right] \quad \text{رابطه ۴}$$



شکل ۱: کابل تحت بارگذاری

تجربیات

مواد

در تولید و بافت این پارچه از دو دسته نخ به عنوان تار و پود و یک نخ نوار برای اتصال دو لایه رو و زیر استفاده شده است. نخ پود از نوع نواری انتخاب شده تا در سطح پارچه تعداد حفره‌های کمتری ایجاد شود و پارچه تولید شده قابلیت حفظ نمودن بتن را در خود به عنوان یک قالب بتنی داشته باشد. مشخصات نخ تار و پود و نوار اتصال دهنده در جدول ۱ آورده شده است.

ماشین آلات

برای بافت پارچه مورد نظر، از ماشین بافنده‌ی RUTI (BUNXTU/7) که مجهز به مکانیزم تشکیل دهنده دابی می‌باشد، استفاده شده است. این پارچه به دلیل اینکه دارای راپورت تاری و پودی بزرگی می‌باشد (راپورت پودی ۴۴۸ دارد) به علت محدودیت تعداد ورددها، بر روی ماشینهای بافنده‌ی که به بادامک مجهز هستند قابلیت بافت را نخواهد داشت. ماشین مورد نظر دارای ۲۰ ورد است که برای این بافت از ۶ ورد آن استفاده شده است، در ضمن شانه بکار رفته در این ماشین دارای نمره ۷ می‌باشد.

با توجه به اینکه پارچه مورد نظر توسط دو سیستم تاری بافته می‌شود، یک سیستم تاری آن مستقیماً از بوبینهای روی

قفسه‌ای که در پشت ماشین قرار داده شده تعذیه می‌شود (شکل ۲) که نخهای نواری با اتصال دهنده دو لایه را شامل می‌شود و سیستم تاری دیگر که به عنوان نخهای تار بافت زمینه دو لایه بکار برده شده است توسط اسنو تعذیه می‌شوند و در مرحله مقدمات بافندگی چله پیچی آن انجام شده است. به همین علت یکی دیگر از دلایل انتخاب ماشین RUTI مجهز بودن آن به دو سیستم تاری می‌باشد.



شکل ۲

مشخصات پارچه

تراکم پارچه در جدول ۲ نشان داده شده است.

نحوه قرارگیری نخهای نواری در جدول ۳ نشان داده شده است؛ لازم به ذکر است به دلیل پایین بودن استحکام نخهای نواری، به جای یک نخ نواری از سه نخ نواری در کنار هم استفاده شده است.

طرح بافت پارچه

این منسوج یک پارچه دولایه است که لایه زیر و رو در فواصل متناسب توسط نوارهایی که هر کدام طول معینی (۸ سانتیمتر) را در پارچه به همراه سایر نخهای تار که در هر تناوب در بافت یک زمینه شرکت می‌کنند به یکدیگر متصل می‌کنند. با توجه به اینکه نوار اتصال دهنده لایه رو به لایه زیر به چه شکل در بین دو لایه قرار بگیرد حالتی مختلفی ایجاد می‌شود. منسوج موردنظر دارای بافت تافته است بنابراین بافت زمینه یک بافت ساده است، ولی با توجه به اینکه پارچه دولایه است و نوارهای اتصال دهندهای وجود دارد که این دو لایه را بهم متصل می‌کند طرح بافت پارچه پیچیده خواهد شد.

بررسی نقاط بحرانی و نحوه بارگذاری

تجزیه و تحلیل نقاطی از منسوج که نقاط بحرانی بوده و در معرض تغییر شکل بیشتری قرار می‌گیرند مهم می‌باشد. در ادامه به بارگذاری منسوج و تجزیه و تحلیل نقاط بحرانی آن پرداخته می‌شود:

وقتی قالب پارچه‌ای در یک شیب قرار گرفته بتن ریزی می‌شود، نقاط پائین‌تر که در معرض تنفس بیشتری از بتن ریزی قرار دارند بار بیشتری می‌برند. از طرفی فشار بتنی که به پارچه وارد می‌شود دو لایه را از هم دور می‌کند و در نتیجه نوارهای اتصال دهنده دو لایه تحت کشش قرار می‌گیرند. اگر نیروی کشش از قدرت تحمل نوارها بیشتر شود، نوارها پاره خواهند شد. از طرفی خود پارچه (زیر و رو) نیز تحت بارگسترهای قرار می‌گیرد که مقاومت و تغییر شکل آنها باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. بررسی مقاومت پارچه و نوارهای اتصال از نظر اطمینان به عدم گسیختگی قالب پارچه‌ای در مقابل بتن ریزی با اهمیت است. از طرفی محاسبه تغییر شکلها و بدست آوردن ضخامت نهائی قالب پس از بتن ریزی از دو جنبه زیر مهم است:

۱. وزن پوشش بتنی با ضخامت نهائی باید مشخص باشد زیرا همین وزن است که در مقابل نیروهای جریان مقاومت کرده و طرح پوشش حفاظتی خاص بر اساس آن انجام می‌گیرد.
 ۲. میزان بتن مصرفی باید از قبل مشخص باشد در نتیجه شکل قالب پس از بتن ریزی باید تخمین زده شود.
- عوامل متغیری که باید روی آنها بحث شود عبارتند از:

۱. طول مجاز بتن ریزی
۲. زاویه سطح شیبدار
۳. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی نخهای استفاده شده در بافت پارچه

تحلیل نوارهای اتصال دهنده که در بافت هر یک از لایه‌ها می‌باشند

در اثر عملیات بتن ریزی بر روی سطح شیبدار فشار اعمال شده از نوع فشار هیدرواستاتیکی است (شکل ۳). مقدار شدت بار اعمال شده بر هر نوار طولی (W) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w = P \times L \times \frac{1}{3} \quad \text{رابطه ۵}$$

همانطور که گفته شد از آنجا که سه نوار در کنار هم در داخل بافت شرکت نموده‌اند، بنابراین شدت بار اعمال شده بر هر نوار $\frac{1}{3}$ شدت بار اعمال شده حاصل از فشار هیدرواستاتیکی است.

در روابط بالا پارامترهای ذکر شده به صورت زیر معرفی می‌شوند:

$$P = \text{فشار هیدرواستاتیکی} \quad \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

$$r = \text{جرم حجمی بتن} \quad \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$g = \text{شتاب جاذبه} \quad \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

$$l = \text{طول سطح شیبدار} \quad (m)$$

$$w = \text{شدت بار} \quad \left(\frac{N}{m} \right)$$

$$L = \text{فاصله بین نوارهای اتصال دهنده} \quad (m)$$

بنابراین مقدار شدت بار اعمال شده بر هر نوار در این کار تحقیقی با زاویه بتن ریزی 30° درجه و طول بتن ریزی ۱.۵ متر برابر خواهد بود:

$$W = 2400 \times 0.1 \times 1/3 \times \sin 30^\circ \times 0.81 \times 1/5 \times 1/3$$

$$W = 588/6 \frac{N}{m}$$

محاسبه ازدیاد طول نوار اتصال دهنده که در بافت لایه‌ها وارد شده است بعد از بارگذاری و مقدار خیز (تغییر طول) آن

روش محاسبه با توجه به شکل ۳ به این صورت است که ابتدا یک خیز (y) برای نوار تخمین زده شده، بر اساس روابط ۲ و ۳ نیروی کشش در طول نوار حساب می‌شود. از آنجا که نیروی کشش در طول نوار متغیر است این نیرو در چندین نقطه در طول نوار محاسبه می‌شود. سپس با مشخص شدن نیروی کششی و داشتن منحنی تنش-کرنش نوارها از آزمایش، ازدیاد طول نوار (S_1) محاسبه می‌شود و در نهایت با معلوم بودن y از تخمین اولیه، طول نوار (S_2) از رابطه 4 نیز حساب می‌شود. اگر طول نوار از هر دو رابطه یکی شد ($S_1 = S_2$) تخمین اولیه درست است، در غیر این صورت y دیگری انتخاب شده و سعی و خطأ تا آنجا که به y واحدی برسیم ادامه می‌یابد.

پس از چند سعی و خطأ مشاهده شد که با فرض $y = 1/9 \text{ cm}$ مقادیر S_1 و S_2 تقریباً یکسان بدست می‌آیند. با فرض اینکه:

$$L' = \text{طول نوار بافتی شده در پارچه} \quad (L)$$

$$L' = 7.4 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{2} = 3.7 \text{ cm} = 0.037 \text{ m}$$

مقدار T_0 از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$T_0 = \frac{wx^2}{2y} \Rightarrow T_0 = 21.2 \text{ N}$$

از آنجا که تغییرات T زیاد نیست، در چند نقطه از طول کابل مقدار آن محاسبه می شود سپس متوسط آن گرفته می شود و برای محاسبه از دیاد طول از آن استفاده می شود.

مقدار کشش در هر نقطه از کابل از رابطه زیر بدست می آید:

$$T_i = \sqrt{T_0^2 + (Wx_i)^2} \quad \text{رابطه 6}$$

متوسط مقدار T در طول نوار برابر خواهد بود با:

$$T = 23.6 \text{ N} \quad T = \sum_{i=0}^2 \left(\frac{T_i + T_{i+1}}{2} \right) \quad \text{رابطه 7}$$

با توجه به فرض اولیه در مورد خیزنوار که در داخل بافت وجود دارد نیروی کششی که در آن ایجاد می شود (N) ۲۳/۶

$$\frac{2360}{787.2} = 2.99 \left(\frac{cN}{tex} \right) \quad \text{می باشد، یعنی در این حالت استحکام نخ نواری}$$

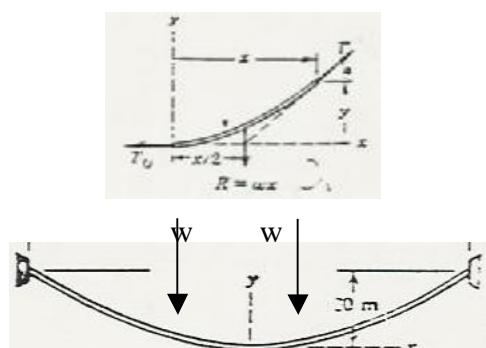
با استفاده از منحنی تنش-کرنش مشاهده می شود که از دیاد طول نوار بر اساس استحکام بدست آمده ۱۵٪ می باشد. به این ترتیب طول نوار بعد از بارگذاری برابر خواهد بود با:

$$\Rightarrow S_1 = 8.5 \text{ cm} \quad e = \frac{S_1 - L}{L}$$

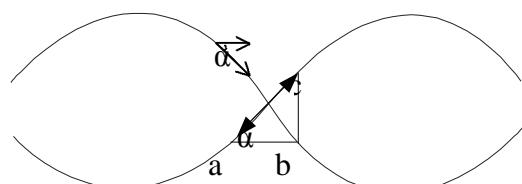
از رابطه ۴ نیز با فرض $c = 1/9 \text{ cm}$ می توان S_2 را محاسبه نمود:

$$S_2 = 8.49 \text{ cm}$$

با توجه به اختلاف کم بدست آمده (1 cm) $y = 1/9 \text{ cm}$ فرض $y = 1/5 \text{ cm}$ مورد قبول است. بنابراین پس از بتن ریزی در پائین ترین قسمت قالب که حداقل فشار به آن اعمال می شود از دیاد طول نوار اتصال دهنده در بافت هر یک از لایه ها ۱۵٪ است.



شکل ۳



شکل ۴: وضعیت نوارها در هنگام بارگذاری

تحلیل نوارهای اتصال دهنده در بین دو لایه

وضعیت قرار گرفتن نوارهای اتصال دهنده در فضای بین دو لایه به شکل ضریب می‌باشد (شکل ۵). نوارهای اتصال دهنده در حقیقت حکم تکیه‌گاه را برای نوارهای اتصال طولی دارند و از این رو باید برای تحلیل آنها نیروی تکیه‌گاه در نوارهای طولی مطابق معادله زیر محاسبه می‌شود:

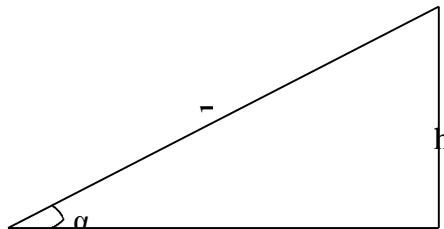
$$T_{0.037} = \sqrt{T_0^2 + (w \times x_{0.037})^2}$$

$$T_{0.0347} = 30.4N$$

با توجه به اینکه نوارهای اتصال همان نخهای طولی هستند که به طرف پارچه مقابل می‌روند فرض می‌شود پس از بتن ریزی نخهای اتصال در امتداد منحنی سهمی شکل نخهای طولی قرار می‌گیرند و به عبارت دیگر مماس بر آنها در تکیه‌گاه هستند بنابراین نیروی محوری بدست آمده فوق در تکیه‌گاه، نیروی داخل نوارهای اتصال نیز می‌باشد. بنابراین نیرویی که بر هر نوار اتصال دهنده در بین دو لایه اعمال می‌شود نیز برابر $N = 30/4 = 7.5$ می‌باشد.

محاسبه طول نوار اتصال دهنده بین دو لایه و فاصله بین دو لبه پارچه در محل اتصال نوارها به لایه‌ها، پس از بارگذاری

برای محاسبه طول نوارها و فاصله بین دو لایه ابتدا باید وضعیت نوارها نسبت به سطح پارچه به صورت زیر محاسبه می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵: وضعیت نوارها نسبت به سطح پارچه

$$\cos \alpha = \frac{T_0}{T_{0.037}}$$

$$\cos \alpha = \frac{21.2}{30.14} \Rightarrow \alpha \approx 45.8^\circ$$

بعد از آنکه پارچه تحت نیروی حاصل از تزریق بتن قرار گرفت، می‌توان طول ثانویه را از منحنی تنش - کرنش نخ نواری حاصل از آزمایش بدست آورد.

با توجه به اینکه تحت نیروی $N = 30/4 = 7.5$ استحکام نخ نواری معادل $\frac{3010}{787.2} = 3.86 \left(\frac{cN}{tex} \right)$ می‌باشد، بنابراین از دیداد طول

نخ از روی منحنی تنش - کرنش معادل $14/5\% = 2.8\%$ می‌باشد. به این ترتیب با توجه به طول اولیه $7/4 = 1.75$ سانتیمتر، طول ثانویه نخ نواری برابر است با:

$$e = \frac{ab - L}{L}$$

$$0.145 = \frac{ab - 7.4}{7.4} \Rightarrow ab = 8.47 \text{ cm}$$

برای محاسبه فاصله بین دو لبه پارچه در محل اتصال نوارها به هر یک از لایه‌ها می‌باید طول bc محاسبه شود:

$$\sin a = \frac{bc}{ab}$$

$$bc = 8.47 \times \sin 45.8^\circ \Rightarrow bc = 6.07 \text{ cm}$$

تحلیل در جهت عرضی پارچه بر روی نخهای پود

همانند حالتهای قبل، فشار هیدرواستاتیکی که در پائین‌ترین قسمت از قالب بتن که بر روی نخهای پود اعمال می‌شود، از

رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$P = rgl \sin a \quad (8)$$

آنچا که تراکم پودی در پارچه ۷ پود بر سانتیمتر می‌باشد و ضخامت المان انتخاب شده در جهت پودها به پهنای ۱ cm است بنابراین شدت بار اعمال شده بر هر پود $\frac{1}{7}$ شدت بار اعمال شده حاصل از فشار هیدرواستاتیکی به المان است. مقدار

شدت بار اعمال شده بر هر نخ پود برابر خواهد بود:

$$W = 2400 \times 9.81 \times 1.5 \times \sin 30^\circ \times 0.01 \times \frac{1}{7}$$

$$W = 25.2 \text{ N/m}$$

محاسبه ازدیاد طول پود بعد از بارگذاری و مقدار خیز آن

روش ذکر شده همانند روش ذکر شده برای نخهای نواری می‌باشد.

پس از چند سعی و خطأ با فرض $y = 1/5 \text{ cm}$ مقادیر S_1 و S_2 مربوط به نخ پود تقریباً یکسان بدست می‌آید.

با فرض اینکه:

$$L = 10 \text{ cm}$$

(فاصله بین نخهای نواری و طول نخ پود محدود بین دو نوار)

$$x = \frac{L}{2} = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

مقدار T_0 از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_0 = \frac{Wx^2}{2y} \Rightarrow T_0 = 6.3 \text{ N}$$

از آنجا که تغییرات T زیاد نیست، در چند نقطه از طول کابل (نخ پود) مقدار آن محاسبه می‌شود سه میانگین متوسط آن گرفته

می‌شود و برای محاسبه ازدیاد طول از آن استفاده می‌شود.

مقدار کشش در هر نقطه از نخ پود در طول المان از رابطه ۶ بدست می‌آید:

بنابراین می‌توان نوشت:

$$T_1 = 6.31 \text{ N}, T_2 = 6.32 \text{ N}, T_3 = 6.34 \text{ N}$$

$$T_4 = 6.38 \text{ N}, T_5 = 6.42 \text{ N}$$

متوجه مقدار T در طول نخ پود برابر خواهد بود با:

$$T = \sum_{i=0}^4 \left(\frac{T_i + T_{i+1}}{2} \right) \Rightarrow T = 6.3N$$

با توجه به فرض اولیه در مورد خیز نخ پود، نیروی کششی که در آن ایجاد می‌شود (N) $6/3$ می‌باشد، یعنی در این حالت استحکام نخ پود $\frac{630}{82.2} = 7.7 \left(\frac{cN}{tex} \right)$ می‌باشد.

با استفاده از منحنی تنش - کرنش مشاهده می‌شود که از دیاد طول نخ پود بر اساس استحکام بدست آمده $1/6\%$ می‌باشد. به این ترتیب طول نخ پود بعد از بارگذاری برابر خواهد بود با:

$$e = \frac{S_1 - L}{L} \Rightarrow S_1 = 10.16cm$$

از رابطه ۴ نیز با فرض $y = 1/5 cm$ می‌توان S_2 را محاسبه نمود:

$$S_2 = 0.1 \left[1 + \frac{0.005}{3} \left(\frac{0.005}{0.1} \right)^2 - \frac{32}{5} \left(\frac{0.005}{0.1} \right)^4 \right] \Rightarrow S_2 = 10.06cm$$

با توجه به اختلاف کم بدست آمده ($0.1 cm = 10/0.6 - 10/16$) فرض $y = 0/5 cm$ مورد قبول است. بنابراین پس از بتن ریزی در پائین ترین قسمت قالب که حداقل فشار به آن اعمال می‌شود از دیاد طول نخ پود $1/6\%$ است. در این تحلیل با توجه به طول نخهای تار در مقابل نخهای پود از باربری آنها صرف نظر شده است. در عمل ممکن است نخهای تار مخصوصاً در نزدیکی نوارهای اتصال مقداری بار ببرند که محاسبه آن نیاز به یک تحلیل سه بعدی دارد.

محاسبه ضخامت قالب بتنی پس از بارگذاری
ضخامت قالب بتنی در قسمتهای مختلف آن در جدول ۴ آورده شده است.

نتایج حاصل از محاسبات

با توجه به محاسبات و مشاهدات انجام شده می‌توان بیان نمود که با داشتن خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مواد به کار برده در منسوج قابلیتهای قالب منسوج تولید شده را می‌توان پیش‌بینی نمود و برای بتن ریزی با شرایط معلوم، آنرا طراحی کرد. در واقع با توجه به فشار اعمال شده بر بستر رودخانه و محاسبه ضخامت قالب بتنی بر اساس نیروهای اعمالی، منسوجی طراحی می‌شود که مطابق با ضخامت موردنظر باشد.

مراجع

- [1] N.W.M. John, Geotextile. Glasgow: Blackie, 1987.
- [2] M. Ling, H. Liv, Y. Mohri, T. Kawabata, Bounding Surface Model for Geosynthetic Reinforcement, Journal of Engineering Mechanics, September 2001, pp. 963-967.
- [3] A.R Horrocks and Sc anand, HandBook of Technical Textile, FL: CRC Press/Woodhead Pub. LTD, 2000.
- [4] J.Suedovea, Textile science and Technology, SNTL, 1990.
- [5] Revetments River and Bank protection, CIRIA. 1986. S. Adanur, HandBook of Weaving, Sulzer, 2001.
- [6] مریم، "ایستایی، ترجمه م. رهبری"، تهران: پرهام، ۱۳۷۳

جدول ١

جنس نخ	نمره نخ (tex)	استحکام (cN/tex)	حداکثر ازدیاد طول (%)	حداکثر نیرو (cN)	خصوصیات نخ
پلی آمید	۲۱۱	۳۵/۴۴	۳۲/۵	۷۴۸۱/۲۴	نخ تار
پلی پروپیلن	۸۲/۲۰	۳۸/۸۴	۱۳/۳۳	۳۱۹۳/۲۷	نخ پود
پلی آمید	۷۸۷/۲	۱۷/۱۱	۴۱/۶۷	۱۳۴۶۵/۲۹	نخ نواری

جدول ٢

cm^{-1}	تراکم نخ
٪	تار
٪	پود

جدول ٣

نوع نجح تار	تعداد سر بچ
نواری	۲
زمینه	۴
نواری	۲
زمینه	۶
نواری	۲
زمینه	۶
نواری	۱۳۲
زمینه	۲
نواری	۴
زمینه	۶
نواری	۲
زمینه	۴
نواری	۲
زمینه	۴
نواری	۲
زمینه	۴
نواری	۱۹۲
زمینه	۲
نواری	۴
زمینه	۶
نواری	۲
زمینه	۴
نواری	۲
زمینه	۶
نواری	۱۳۲

جدول ٤

قسمت C (cm)	قسمت B (cm)	قسمت A (cm)	محل ضخامت روش اندازه گیری
۸/۴	۷/۹۷	۶/۰۷	محاسباتی ^۱
۷/۰۵	۶/۴	۶	روی نمونه تولید شده

¹ این اعداد با استفاده از محاسباتی که حاصل از بارگذاری منسوج بوده بدست آمده است.

