

مطالعه آزمایشگاهی تاثیر عملکرد و نحوه آرایش ژئوگریدها و توزیع یکسان تنش در ناحیه کششی سازه های بتنی

اشکان خدابنده‌لو*

استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

علی اصغر اکبری برگشادی

دانشجوی دکتری تخصصی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

a.khodabandehlou@iaurmia.ac.ir

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۱۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۶

چکیده:

با توجه به اینکه بتن یکی از مصالح اصلی بکار رفته در صنعت ساختمان می‌باشد و در ضمن روش متداول استفاده از فولاد که باعث کاهش تردشکنی و گسیختگی بتن می‌شود دارای معایبی می‌باشد. امروزه گسترش علم استفاده از مواد پلیمری در رفع این معایب سریعاً جای خود را در مواد تشکیل دهنده بتن باز نموده است. با استفاده از این مواد می‌توان بتن مستحکم تر با انعطاف پذیری بیشتر و سطحی صافتر و با مقاومت بیشتر در مقابل فرسایش، ضربه و خوردگی تولید کرد. در این تحقیق با استفاده از ژئوگرید که از خانواده ژئوسنتتیک‌ها می‌باشد، افزایش مقاومت کششی بتن به مقدار ۱۵٪ محقق می‌شود. چون بصورت جامد بکار گرفته می‌شود با ریسک بسیار کم، ژئوگرید در فواصل مختلف از تار ختنی قرار داده شده است. در نتایج آزمایشهای انجام داده شده و با توجه به نمودار حاصل از آزمایشات، ژئوگریدها اگر به صورت نیمه جامد در ناحیه کششی به کار گرفته شوند باعث توزیع یکسان تنش‌ها گردیده و تاثیر خود را در افزایش مقاومت کششی بهتر نشان خواهند داد. البته با استفاده از ترکیب فولاد و ژئوگرید در ناحیه کششی و با توجه به خصوصیات ژئوگرید، دسترسی به شکست نرم (شکست کششی) که بهترین نوع شکست برای سازه‌های بتنی می‌باشد آسانتر می‌شود.

کلید واژگان: ژئوگرید، ترد شکنی، ناحیه کششی، انعطاف پذیری بتن، مصالح پلاستیکی، توزیع تنش

۱- مقدمه

ضخامت الیاف ژئوگرید ۰/۵ تا ۱/۵ میلی متر و ضخامت در محل گره ۲/۵ تا ۵ میلی متر است. ژئوگریدهایی که از آن‌ها برای مسلح کردن خاک استفاده می شود، دارای چشمه‌های مستطیلی یا بیضی با ابعاد تقریبی ۲۵ تا ۱۵۰ میلی متر هستند [5]، [6].

ژئوگرید به کار رفته در این تحقیق که نمایندگی ناروین گستر پارسیان کارخانه تولید کننده تیسلبرتا سرل ایتالیا و ستروفای اسپانیا می باشد و از نوع $Go\ 30\ KN/m^2$ برای مقاومت فشاری می باشد. این نوع ژئوگرید ها با مقاومت کششی بالا ($50\ KN/m^2$ و $80\ KN/m^2$) نیز تولید می شوند.



شکل ۱ - نمونه ژئوگرید به کار رفته در نمونه‌های آزمایشگاهی

۳- مشخصات مصالح

در این مقاله ابتدا نمونه‌های مصالح از معدن سنگ شکن واقع در محور ارومیه - سرو مطابق استاندارد نمونه برداری، مصالح سنگی تهیه و نمونه برداری گردید و پس از شماره گذاری به آزمایشگاه انتقال داده شد و متعاقباً آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی انجام گردید و نتایج حاصل در جدول ۱ مشخص گردید. با توجه به نتایج حاصل و پاسخگوی مشخصات مندرج در آئین نامه بتن ایران با مشخصات مورد نظر، مقرر گردید بتن در آزمایشگاه ساخته شود. در ساخت بتن از مصالح شن و ماسه طبیعی و آب شهری استفاده شده و در آن اطلاعات مربوط به مصالح سنگی، سیمان، آب و نسبت اختلاط و ... ارائه گردید.

جدول ۱ مشخصات فنی

مقاومت فشاری مشخصه	$250\ Kg/cm^2\ F'_c$ = نمونه استوانه ای $15*30\ cm$
روانی یا اسلامپ بتن	۵ الی ۱۰ سانتی متر
منبع مصالح سنگی	معدن محور ارومیه-سرو
نوع سیمان مصرفی	پرتلند تیپ دو خوی
منبع آب مصرفی در بتن	آب شهری
نوع سازه	تیر و یا هرگونه استفاده در انواع سازه ها
حداکثر نسبت آب به سیمان	۰/۴ الی ۰/۴۵
محدودیت سیمان مصرفی	۳۵۰ الی ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب
شرایط محیطی سازه	متوسط

۱-۳- مصالح سنگی

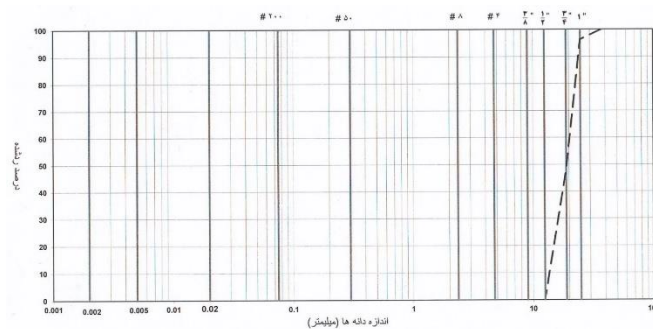
آزمایش دانه بندی مصالح سنگی بر اساس استاندارد ASTM C136 و همچنین به روش شستشو برای مصالح سنگی ریزدانه (ماسه) انجام پذیرفت که نتایج حاصل در شکل‌های ۲ تا ۳ نشان داده شده است.

با توجه به اینکه بتن جز مواد صلب با شکل پذیری پایین می باشد این معایب با بکارگیری فولاد در سازه های بتنی قابل رفع می باشد. گرچه بتن مسلح با فولاد نیز خود دارای معایبی از قبیل وزن زیاد، هزینه زیاد و دریافت و انتقال امواج اختلال ایجاد می کند؛ این معایب با تسلیح بتن توسط مواد پلیمری تا حدود زیادی رفع می شود. در این تحقیق نیز از مواد پلیمری بنام ژئوگرید با ترکیبی از فولاد در ناحیه کششی سازه ترمیم شده است [1]، [2]. طبق تحقیقات صورت گرفته و با عنایت به مزایای مواد پلیمری از قبیل هزینه کم، وزن کم و انعطاف پذیری بیشتر جایگزین مناسبی برای مقداری از فولاد بکاررفته در بتن خواهد بود.

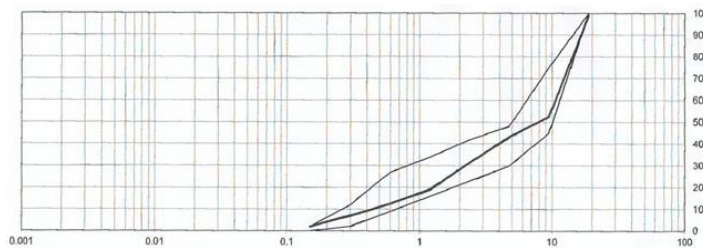
با توجه به خواص فراوان پلیمرها این مواد جای خود را در بین مواد تشکیل دهنده بتن مسلح باز کرده و به گونه های مختلفی خود را نشان داده است. در یک تقسیم بندی کلی کاربرد مواد پلیمری در بتن به دو گروه جامد و غیر جامد تقسیم می شود. در حالت جامد محصولات پلیمری به جای مقداری از فولاد جهت تسلیح بتن جایگزین می شوند.

۲- معرفی ژئوگرید

ژئوگرید ها که گروهی دیگر از خانواده ژئوسنتتیک ها می باشند که در یک یا چند لایه ای بوده که از تزریق پلی پروپیلن و پلی اتیلن با تراکم بالا و یا بافت الیاف پلی استری بسیار سخت تشکیل شده اند [4]. این محصولات در ضخامت، اندازه و ابعاد مختلف به صورت شبکه های سه بعدی تولید می شوند. ژئوگریدها به عنوان تقویت کننده های مناسب مورد استفاده قرار می گیرند. زیرا دارای مقاومت کششی بالا و قابلیت قفل شدگی قابل توجهی با محیط اطراف هستند. این دسته از ژئوسنتتیک ها معمولاً در مناطقی که خاک اشباع یا نمدار است، در بالا و پایین لایه ژئوتکستایل قرار می گیرند.



شکل ۲- نمودار دانه بندی مصالح سنگی شن درشت طبیعی



شکل ۳- حدود دانه بندی اختلاط

لازم به ذکر است که دانه بندی مصالح سنگی ریزدانه باید با محدوده دانه بندی مندرج در استاندارد ASTM C33 منطبق باشد. ضمناً مدول نرمی ماسه که بیانگر زبری و نرمی ماسه می باشد، با توجه به الک های استاندارد مندرج در ASTM C136 تعیین گردد و باید طبق توصیه ACI در محدوده ۲/۳ تا ۳/۱ قرار گیرد. در طرح یاد شده مدول نرمی ماسه مورد مصرف پس از محاسبه ۳/۱۷ به دست آمد.

۲-۳ وزن واحد حجم متراکم و غیر متراکم مصالح سنگی
 آزمایش وزن واحد حجم مصالح سنگی در دو حالت متراکم و غیر متراکم به تفکیک نمونه ها و همچنین برای مخلوط شن، با توجه به نسبت اختلاط آنها طبق استاندارد ASTM C29 انجام شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون های مصالح سنگی مصرفی در طرح اختلاط بتن

نوع مصالح			حد مشخصات آیین نامه بتن ایران (نشریه ۱۲۰)	شماره استاندارد آزمون	نام آزمون	
ماسه طبیعی	شن ریز طبیعی	شن درشت طبیعی			نوع دانه بندی B	درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لس آنجلس
۳/۱۷	-----	-----	۲/۳ الی ۳/۱	ASTM C136	ضریب نرمی ماسه	
۷۷	-----	-----	حداقل ۷۵	ASTM D2419	هم ارز ماسه ای (درصد)	
-----	۱۶		حداکثر ۴۰	ASTM C131	نوع دانه بندی B	درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لس آنجلس
-----	طبیعی		-----	ASTM D5831	تعداد دور ۵۰۰ درصد سایش	
-----	طبیعی		-----	ASTM D5831	درصد شکستگی مصالح در دو جبهه	
-----	۲۳		حداثر ۳۰	BS 812	درصد پولکی	پولکی و سوزنی
-----	۱۸		حداکثر ۴۰		درصد سوزنی	
۲/۷۵۵	۲/۷۸۹	۲/۷۹۱	-----	ASTM C127 ASTM C128	وزن مخصوص ظاهری	
۲/۶۴۳	۲/۶۹۹	۲/۷۱۹			وزن مخصوص حقیقی	
۱/۵۴	۱/۲۰	۰/۹۵			درصد جذب آب	
۱۹۲۰	۱۷۰۲		-----	ASTM C29	حالت متراکم	وزن واحد حجم Kg/m ²
۱۶۷۰	۱۵۴۷				حالت غیر متراکم	

۳-۳ نسبت اختلاط مصالح سنگی

خالی را داشته باشد و در نظر گرفتن حدود مشخصات دانه بندی طبق استاندارد ASTM C33 منحنی شماره ۵۶، درصد اختلاط برای قسمت درشت دانه مصالح سنگی طبق جدول زیر می باشد.

بر اساس نتایج حاصل از دانه بندی مصالح سنگی و به منظور دستیابی به مواردی از قبیل دانه بندی پیوسته و متراکم که کمترین فضای

جدول ۴ - نسبت های اختلاط مصالح سنگی درشت دانه در طرح اختلاط

مشخصات نمونه	درصد اختلاط مصالح سنگی درشت دانه
شن درشت دانه	۶۰
شن ریز دانه	۴۰

وزن های مصالح تشکیل دهنده در یک متر مکعب بتن در نمونه های آزمایشگاهی در جداول زیر ارائه گردیده است.

جدول ۵ - وزن های تشکیل دهنده یک متر مکعب برای مصالح سنگی کاملاً خشک باشد (به روش وزنی)

شن درشت طبیعی (Kg)	شن ریز طبیعی (Kg)	ماسه طبیعی (Kg)	سیمان پرتلند تیپ دو خوی (Kg)	آب کارگاه (آب اختلاط + جذب آب مصالح سنگی) (Lit)	مقاومت فشاری مشخصه F'_c (Kg/cm^2)
۵۱۹	۴۲۴	۹۴۰	۳۵۹	۲۸+۱۶۱=۱۸۹	$F'_c=250$

جدول ۶ - وزن های تشکیل دهنده یک متر مکعب برای مصالح سنگی اشباع با سطح خشک SSD باشد (به روش وزنی)

شن درشت طبیعی (Kg)	شن ریز طبیعی (Kg)	ماسه طبیعی (Kg)	سیمان پرتلند تیپ دو خوی (Kg)	آب کارگاه (آب اختلاط بدون جذب آب مصالح سنگی) (Lit)	نسبت آب به سیمان	مقاومت فشاری مشخصه F'_c (Kg/cm^2)
۵۲۵	۴۳۰	۹۵۵	۳۵۹	۱۶۰	۰/۴۵	$F'_c=250$

جدول ۷ - نسبت های اختلاط کلی مصالح سنگی

مشخصات نمونه	درصد اختلاط وزنی مصالح سنگی
شن درشت طبیعی	۳۰
شن ریز طبیعی	۲۰
ماسه طبیعی	۵۰

۴- مقاومت فشاری

نتایج حاصل برای نسبت های وزنی یک متر مکعب جهت تعیین مقاومت فشاری طبق آزمایش نمونه ها در آزمایشگاه به شرح زیر می باشد.

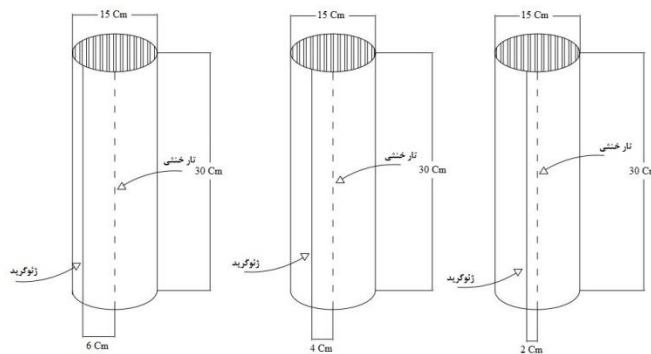
میزان مقاومت فشاری متوسط طبق مقادیر انحراف معیار مندرج در آیین نامه ACI 211 برای بتن با رده $F'_c = 250$ برای اجرا در طرح اختلاط بتن برابر با $F'_{cr} = 332$ کیلوگرم بر سانتی متر مربع، نمونه استوانه ای می باشد. تعداد یک نمونه ساخته شد.

جدول ۸- نتایج آزمایشگاهی مقاومت فشاری

مقاومت فشاری مشخصه مورد درخواست بر حسب Kg/cm^2	مقاومت ۷ روزه استوانه ای Kg/cm^2	مقاومت ۲۸ روزه استوانه ای Kg/cm^2	افت بتن Cm (اسلامپ)	مقدار سیمان (تیپ دو خوی) Kg	نسبت آب به سیمان	وزن واحد حجم بتن تازه Kg/m^3
۲۵۰	۲۰۱	۲۶۷	۶/۵	۳۵۹	۰/۴۵	۲۴۳۰

نمونه سوم با فاصله ۶ سانتی متر از تار خنثی (دور تر از تار خنثی) می باشد در این نوع آزمایش از سیمان نوع یک ارومیه به مقاومت f^c مساوی $240 kg/cm^2$ و مصالح سه کوه پیرانشهر با ارزش ماسه ای $SE=82$ استفاده شده است.

برای تعیین مقاومت کششی بتن ژئوگرید دار در حالت دوم تعداد ۳ عدد نمونه استوانه ای شکل تنها با یک ردیف ژئوگرید در آزمایشگاه ساخته شد و نمونه های ژئوگرید در داخل نمونه ها قرار گرفت نحوه قرارگیری ژئوگرید در نمونه اول با فاصله ۲ سانتی متری از تار خنثی (نزدیک به تار خنثی) برای نمونه دوم با فاصله ۴ سانتی متری و برای



شکل ۸- نحوه قرارگیری ژئوگریدها در داخل نمونه های استوانه ای



شکل ۴-۱۳ نحوه آماده سازی و آزمایش نمونه ها در حالت فاصله ۲ سانتی متری از تار خنثی



شکل ۴-۱۴ نحوه آماده‌سازی و آزمایش نمونه‌ها در حالت فاصله ۴ سانتی متری از تار خنثی



شکل ۴-۱۵ نحوه آماده‌سازی و آزمایش نمونه‌ها در حالت فاصله ۶ سانتی متری از تار خنثی

جدول ۹- نتایج آزمایشگاهی در روش دوم جهت تعیین مقاومت کششی

مقاومت کششی حاصل	نسبت آب به سیمان	مقاومت کششی بدون ژئوگرید	مقاومت کششی ژئوگرید در فاصله ۲ سانتی متری تار خنثی	مقاومت کششی ژئوگرید در فاصله ۴ سانتی متری تار خنثی	مقاومت کششی ژئوگرید در فاصله ۶ سانتی متری تار خنثی
KN	۰/۵۱	۴/۷۵	۶/۵	۵/۲۱	۵/۹۶

در اندازه‌های مجاز با استناد به استاندارد ملی ایران شماره ۱- ۱۴۷۶۱ ارائه شده در مبحث پنجم مقررات ملی ساختمان می‌باشد.



شکل ۹- نمودار نتایج روش دوم مقاومت کششی

۶- نتیجه گیری

موارد ذیل نتایج حاصل از این مطالعه می باشند. انتظار می رود که نتایج بدست آمده دارای کاربرد جام تری در طراحی سازه ها باشند.

۱- روش تعیین محل ژئوگرید بکار رفته در سازه:

در آزمایشگاه در سه حالت محل ژئوگرید را تعیین و در داخل نمونه استوانه ای قرار دادیم. در حالت اول با فاصله ۲ سانتی متر از تار خنثی و در حالت دوم کمی دورتر با فاصله ۴ سانتی متر از تار خنثی و در حالت سوم در دورترین نقطه با رعایت کاور بتن تقریباً در فاصله ۶ سانتی متری از تار خنثی قرار دادیم. در مقایسه با مقاومت کششی بتن بدون ژئوگرید حالت اول بیشترین مقاومت کششی را از خود نشان داد. در حالت سوم کمترین مقاومت کششی را شاهد بودیم. (حالت دوم)

۲- ژئوگریدها برخلاف بتن معمولی قادر به تحمل تنش ها و کرنش های کششی قابل ملاحظه در بارهای کششی می باشد و می توان از آن در طراحی استفاده کرد و با اتکا بر ظرفیت کرنش پذیری این مصالح در فشار می توان از میزان آرماتورهای محصور کننده در نواحی فشاری کاست.

۳- این مواد پتانسیل زیادی جهت استفاده در المان های جاذب انرژی به عنوان کنترل غیر فعال در بهسازی لرزه ای ساختمان را دارند. [7],[8]

۴- با توجه به آزمایشات انجام شده و نتایج حاصل از آنها از ژئوگرید به عنوان مسلح کننده بتن، دامنه شکست ترد قطعات بتنی را کاهش می دهد که این میزان به نسبت بتن غیر مسلح بیش از ۱۰۰ برابر می باشد اما آنچه که از نتایج بر می آید ژئوگریدها به تنهایی توانایی افزایش مقاومت خمشی را ندارند و برای بدست آوردن یک مقطع با انعطاف پذیری بالا، مقاومت خمشی بیشتر، یک مقطع سبک و ارزانتر بهتر است از ترکیب فولاد و ورقه های ژئوگرید استفاده کرد. و بهترین حالت در اعضای خمشی به گونه ای است که جایگذاری المان های ژئوگرید به گونه ای باشد که قسمت بیشتر این المان ها در ناحیه کششی قرار داشته باشند.

۵- در نمودار مربوط به نتایج آزمایشگاه نتیجه گرفتیم که با قرار گرفتن ژئوگرید در فاصله نزدیک به تار خنثی بیشترین مقاومت کششی و در فاصله کمی دورتر (وسط ناحیه کششی) به علت عدم توزیع نامتوازن تنش ها مقاومت کششی کمتر و در فاصله

دورتر از تار خنثی (محور کناری ناحیه کشش) مقاومت کششی بیشتر می شود.

۶- با توجه به اینکه ژئوگریدها باعث توزیع تنش یکسان می شود در جلوگیری از تمرکز تنش به خصوص در نقاط محل تجمع تنش موثر خواهد بود.

۷- نتایج آزمایشها و تکرار آنها نشان می دهد که بهترین حالت برای آرایش ژئوگرید مصرفی در ناحیه کششی بتن از سمت تار خنثی به ترتیب ژئوگرید، فولاد، ژئوگرید می باشد.

۸- با توجه به کاهش استفاده از آرماتور می توان نتیجه گرفت که تا حدودی استفاده از مواد پلیمری صرفه اقتصادی دارد.

۹- چون عنوان مقاله و هدف تحقیق تاثیر ژئوگریدها در مقاومت کششی سازه های بتنی بوده و آزمایش مقاومت کششی غیرمستقیم انجام گرفته است

مراجع و مآخذ

- ۱- فرهادی، ل، (۱۳۸۷)، "کاربرد پلیمر در بتن" مجله عمران شریف، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.
۲. خالو علیرضا. "پلاستیک مسلح به الیاف و کاربرد آن در سازه های بتنی پیش تنیده" مجله عمران شریف، شماره ۱۶، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.
۳. پورصالحی حامد، اختری علی اکبر. (۱۳۹۰) "بررسی آزمایشگاهی تاثیر ژئوگرید در افزایش انعطاف پذیری تیرهای بتنی فاقد آرماتور" ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، سمنان.
۴. پشم فروش، م، "معرفی انواع ژئوسنتتیکها، مشخصات و کاربرد آنها،" سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران، بابل.
۵. ساکت، ع. و خدیوی، ش، (۱۳۸۵)، "ژئوگرید و کاربردهای آن"
6. K. Ganesh Babu, D. SaradhiBabu. (2003) Behaviour of lightweight expanded polystyrene concretescontaining silica fume, Cement and Concrete Research 33 (2003) 755-762.
- 7-Se Woon Choi (2017) nvestigation on the seismic retrofit positions of FRP jackets fot RC Frams using multi-objective optimization.
- 8-Shahad AbdulAdheem Jabar, Saad B.H. Farid (2018) Replacement of steel rebar's by GFRP rebar's in the concrete structures .

The Experimental Study of the Influence of Function and Arrangement of Geogrids and Uniform Stress Distribution in the Tensile Area of the Concrete structures

Ashkan KhodaBandehLou*

Assistant Professor, Faculty Of Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

Ali asghar Akbaribargoshadi

Ph.D Student, , Faculty Of Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

Abstract

Concrete is one of the main materials used in the construction industry and there are disadvantages to the conventional method of using steel, which reduces the breakage and concrete failure. Today, the spread of the science of applying polymeric materials to overcome these disadvantages has quickly taken its place in concrete ingredients. These materials can produce stronger concrete with greater flexibility and a smoother surface and can increase concrete resistance to erosion, impact and corrosion. In this research, using Geogrid, which is a family of geosynthetics, the tensile strength of concrete increased by 15%. Because it is used as a solid with very low risk, the geogrid is placed at different distances from the neutral warp. Based on the results of the experiments and according to the diagrams obtained from the geogrid experiments, if utilized as a semi-solid in the tensile region, the geogrids will result in the equal distribution of stresses and will have a better effect on increasing tensile strength. Of course, using a combination of steel and geogrid in the tensile region and according to the geogrid characteristics, it is easier to achieve a soft failure (tensile failure), which is the best type of failure for concrete structures.

Keywords: geogrid, tensile failure, tensile region, flexibility of concrete, plastic materials, Stress distribution