

بهبود میزان خرابی و ترک خوردگی روسازی بتن غلطکی با استفاده از انواع الیاف با استفاده از تحلیل غیرخطی

عرفان متعبد

کارشناسی ارشد، مهندسی عمران، سازه، دانشکده فنی و مهندسی، جهاد دانشگاهی، کرمانشاه، ایران

چکیده

خواص مصالح، ویژگی‌های ترافیکی و عوامل محیطی از جمله اطلاعات ورودی در مورد طراحی روسازی می‌باشند. بررسی و شناخت ماهیت هر کدام از این عوامل می‌تواند در طراحی و بهره‌برداری مناسب از روسازی راه‌ها کمک کند. طرح اختلاط بتن شامل انتخاب مصالح و نحوه ترکیب آن‌ها است. بر طبق روش‌های طرح اختلاط، اختلاط یا قابل قبول است یا غیرقابل قبول و باید طرح اختلاط مطرح مصالح و نحوه ترکیب آن‌ها است. کاربرد بتن الیافی به دلیل مزایای آن نسبت به بتن نرمال گسترش فراوانی یافته است. از جمله این مزایا می‌توان مقاومت، میزان استهلاک انرژی بالا، ترقی رفتار بتن در ناحیه بعد از ایجاد اولین ترک و جلوگیری از پیدایش و گسترش ترک‌های ناشی از جمع شدگی را نام برد. در این مطالعه ابتدا با استفاده از یک نمونه تجربی به بررسی صحت نتایج حاصله از برنامه المان محدود انسیس پرداخته می‌شود سپس با مدل‌سازی نمونه روسازی بتنی در دو حالت بتنی و بتنی با انواع الیاف کربن، شیشه و آرامید به بررسی تأثیر استفاده از الیاف پرداخته می‌شود و در نهایت به بررسی پاسخ روسازی که شامل مقادیر کرنش‌ها و تنش‌هاست و ترک خوردگی پرداخته شده است. نتایج حاصله از این پژوهش حاکی از تأثیر زیاد استفاده از الیاف و نوع الیاف بر جواب سیستم روسازی بتنی است. با توجه به نتایج حاصله مشاهده می‌شود که استفاده از الیاف باعث افزایش میزان مقاومت و کاهش شکل‌پذیری سازه می‌شود و همچنین با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته بهترین نوع الیاف از نوع کربن انتخاب می‌شوند. دلیل افزایش مقاومت در حالت استفاده از الیاف حفظ انسجام بالای روسازی و عدم به وجود آمدن اثرات تمرکز تنش بوده است.

واژه‌های کلیدی: روسازی، کربن، شیشه، ترک خوردگی، شکل‌پذیری، انسیس.

۱- مقدمه

در حال حاضر به دلیل کاربرد زیاد بتن توجه زیادی به پارامترهای فشاری آن می‌شود، چراکه به طور دقیق تری تخمین مقاومت بتن موجود را ممکن سازد. به طور کلی پارامتر بحرانی برای طرح روسازی های صلب، تنش های کششی در بتن است. بتن معمولی به دلیل تردی و شکنندگی و خرد شوندهگی از مقاومت کششی کم و قابلیت تحمل کرنش کششی پائین تری برخوردار است بنابراین، طرح روسازی های بتنی معمولاً به ضخامت های زیادتر منجر می‌شود. در هنگام طراحی روسازیهای صلب پارامتر مهم و مشخص کننده طرح عملکرد بتن در برابر بارهای کششی است. بتن معمولی به خاطر تردبودن از مقاومت کششی کم و قابلیت تحمل کرنش کششی پائینی برخوردار است. بنابراین، طرح روسازی های بتنی معمولاً منجر به ضخامت های زیاد می‌شود. استفاده از بتن های تقویت شده با الیاف فلزی در روسازی و روکش راه‌ها و باند پرواز فرودگاهها سبب کاهش ضخامت دال بتنی موردنیاز (و در نتیجه استفاده معقول تر از مصالح)، کاهش تعداد درزبندیها و ترک خوردگی های ناشی از دمای محیط و ترقی در ویژگی پایداری مانند مقاومت خمشی و برشی، طاقت، مقاومت برخوردای و تحمل خستگی می گردد و بدین ترتیب یک مسیر صاف تر با پایداری بیشتر حاصل می‌شود. یکی از متریال هایی که امکان جایگزینی با میلگرد حرارتی در بتن های مسلح دارد، الیاف است. تسلیح بتن با الیاف به جای آرماتورهای حرارتی سبب کاهش وزن بتن شده و مشکلات ناشی از خوردگی و فرسودگی فولاد را به طور کامل حذف می نماید. در حال حاضر کاربرد بتن الیافی به دلیل مزایای آن نسبت به بتن نرمال گسترش فراوانی یافته است. از جمله این مزایا می مقاومت میزان استهلاک انرژی بالا، ترقی رفتار بتن در ناحیه بعد از ایجاد اولین ترک و جلوگیری از پیدایش و گسترش ترکهای ناشی از جمع شدگی را نام برد. از طرفی مسلح سازی سازه های بتنی با الیاف یکی از روشهای اصلاح ویژگی میکانیکی و ترقی عملکرد خمشی و کششی بوده که به واسطه آن مخلوطهای شکننده تا حدی رفتار در فاز خطی از خود نشان میدهند. لذا تحقیق سعی می‌شود با استفاده از الیاف فلزی در سامانه روسازی بتنی عملکرد سامانه را ترقی ببخشیم بدین معنی که با استفاده از الیاف میزان شکل پذیری، مقاومت، صلبیت و استهلاک انرژی سامانه روسازی را افزایش دهد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش:**مبانی نظری****انواع روسازی بتنی**

- روسازی بتنی غیرمسلح درزدار یک روسازی بشی که دارای تسلیح با آرماتور و یا با انواع مسلح کننده ها نباشد بایستی با استفاده از درز انقطاع مناسب شرایط محیطی عملکردی برای سازه اندیشیده شود. داول (میلگرد اتصال) یا قفل و بست سنگدانه ای ممکن است برای انتقال بار در عرض درزها مورد استفاده قرار گیرد. کاربرد استفاده یا عدم استفاده از میلگرد اتصال با توجه به شرایط محیعی مختلف با یکدیگر متفاوت اند. روسازی های بتنی درزدار غیر مسلح یکی از پرکاربردترین انواع روسازی در کشورهای توسعه یافته همچون آمریکا و آلمان هستند. داولها یا قفل و بست دانه ای وسیله ای برای انتقال بار از یک دال به دال دیگر در محل درز هستند. بسته به نوع روسازی، آب و هوا و تجربه، فاصله درزها بین ۴/۶ تا ۹ متر متغیر است ۱۲۱. حرکت ماشین ها سنگین از روی روسازی باعث ایجاد تنش های زیادی در دال می‌شود. عدم استفاده از میلگرد اتصال سبب کاهش ظرفیت باربری در یک طرف دال شده و در صورت نفوذ آب به درز، عمل مکش بین دال و بستر یا اساس اتفاق می افتد استفاده از داول کارایی روسازی های بتنی در درازمدت را افزایش میدهد (۳). از آنجا که محل ایجاد تنش های ناشی

از عبور ترافیک از روی درز در بالا و پایین داول در محل درز قرار دارد، شکل و جنس داول تأثیر بسزایی در چگونگی توزیع این تنشها دارد. در حالی که متداول ترین نوع داول، داول های فولادی با مقطع دایره ای هستند، سایر شکل ها و مواد ممکن است تأثیر بهتری در پخش این تنش ها داشته باشند (۴). داولها در وسط ضخامت دال در فواصل ۴۸/۳۰ سانتی متری (۱۲ اینچ) از یکدیگر قرار می گیرند. به عنوان یک قانون کلی قطر داول باید در حدود یک هشتم ضخامت دال باشد (۵). اداره کل راههای فدرال برای بزرگراهها داول با قطر ۱۷۵/۳ سانتی متر (۲۵/۱ اینچ) را پیشنهاد میدهد. طول کل داول معمولاً ۷۲/۴۵ سانتی متر (۱۸ اینچ) است که نصف این طول در داخل هر یک از دال ها قرار می گیرد. داولها پس از ریختن بتن با استفاده از ماشین های مخصوص در داخل بتن تازه قرار می گیرند یا از قبل به صورت مجموعه ای از داولها که به بستر محکم شده اند، آماده قرار گیری بتن روی آن ها میشوند. در حالی که وظیفه اصلی داولها انتقال بار بین دو دال است، نباید در حرکت آزاد دال ها در اثر انقباض و انبساط، ممانعتی ایجاد کند. وجود اصطکاک بین داول و دال سبب ایجاد نیروهای محوری شده که می مقاومتد سبب ترک خوردگی وسط دال شود. یافته های به دست آمده از نتایج آزمایشگاهی در زمینه ی رفتار داول در بتن نشان میدهد که رفتار نیروی کشنده در مقابل بازشدگی درز در دال های بتنی شامل دو مرحله است. مرحله اول که در آن داول کاملاً به بتن چسبیده و مرحله ی دوم که مرحله جداسازی و لغزش داول در بتن است (۶).

مرحله ی اول گیرش بتن شامل انقباض آن است. داول درگیر در بتن در مقابل تغییر شکل داخلی بتن در اثر انقباض مقاومت کرده و بنابراین یک فشار تماسی از طرف بتن به داول وارد می شود. این فشار تماسی سبب ایجاد نیروهای اصطکاکی شده و مانع از حرکات آزادانه ی دال های بتنی می گردد (۷). مقدار این نیروهای تماسی به فشار شعاعی وارد شده از طرف بتن به داول دارد، بنابراین بررسی انقباض بتن اطراف داول برای شناخت تأثیر این نیروها در مقدار نیروی محوری ایجاد شده در داول برای حرکت دال، لازم است. از طرفی بررسی انقباض بتن مستلزم در نظر گرفتن ضریب انبساط حرارتی آن است و نوع سنگ دانه ها مهم ترین عامل در مقدار این ضریب است

روسازی بتنی مسلح :

درزدار در این نوع روسازی آرماتورهای فلزی بکار رفته بر خلاف شبکه های سیمی یا میلگردهای آجدار نه به منظور افزایش مقاومت سازه های روسازی بلکه در راستای بیشتر کردن فاصله درزها تعبیه می شوند. فواصل درزها از نه تا سی متر متغیر است. به دلیل افزایش حلول قطعات دل، نیاز است میلگردها اتصال برای انتقال بار در عرض درزها قرار داده شوند. مقدار توزیع فیلاد جی آر سی پی با افزایش فاصله درزها بیشتر می شود. در هر حال هزینه تعداد درزها و میلگردهای اتصال با افزایش فاصله درزها کمتر می شود. بر اساس هزینه های اراه کردن، مش، میلگردهای اتصال و پر کننده شی درزها، مطالعات به عمل آمده نشان داد که کم هزینه ترین فاصله درزها در حدود دوازده متر است. از آنجا که هزینه نگهداری به طور کلی با افزایش فاصله درزها افزایش می یابد حداکثر فاصله درز ۱۲ متر توصیه می شود.

روسازی بتنی پیوسته:

یکی از دلایل استفاده از این روسازی حذف درزها به عنوان نقطه ضعف در روسازی است که حذف آن منجر به کاهش ضخامت موردنیاز می شود. ضخامت سی آر سی پی به طور تجربی از بیست و پنج تا پنجاه میلی متر کمتر و حدوداً در حدود هفتاد تا هشتاد درصد ضخامت روسازی معمولی است.

تشکیل ترکهای عرضی در فواصل نزدیک به عنوان یک مشخصه بارز سی-آر-سی-پی محسوب می‌شود. خرابی که به شکل مکرر در سی آر سی پی اتفاق می افتد برش در کناره های روسازی است. این نوع خرابی یا بین دو ترک عرضی که به طور رندم موازی هم هستند یا در تقاطع های وای شکل اتفاق می افتد.

روسازی بتنی پیش تنیده

بتن در اثر کسی ضعیف و در اثر فشار قوی است. ضخامت لازم برای روسازی بتنی بر اساس مدول گسیختگی و مقاومت کششی بتن تعیین می‌شود. اعمال یک تنش فشاری قبلی به بتن، تنش کسی به وجود آمده در بتن را به وسیله بارهای ترافیک بسیار کاهش می دهد.

مزیت روسازی های بتنی:

۱. در سنجش با آسفالتی روسازی های بتنی در نواحی با مقاومت بستر کم و ترافیک سنگین نسبت به روسازی آسفالتی ارجحیت دارد.
- ۲- هزینه های تعمیر و نگهداری روسازی بتنی در سنجش با آسفالتی کمتر است.
- ۳- به دلیل فراهم ساختن دید بیشتر در شب برای استفاده کنندگان، روسازی بتنی از نظر ایمنی نسبت به آسفالتی ارجح تر است.
- ۴- ضخامت روسازی بتنی در سنجش با روسازی آسفالتی کمتر است؛ و در نتیجه در نواحی که محدودیت ضخامت وجود دارد ارجحیت داشته و در عین حال در مصرف مصالح نیز صرفه جویی می‌شود.
- ۵- به دلیل صرفه جویی در به کار گیری مصالح در لایه های بتنی تخریب منابع طبیعی و محیط زیست کمتر صورت می گیرد.
- ۶- در شرایط محیطی با دمای زیاد عملکرد روسازی بتنی بهتر از آسفالتی است.

معایب روسازی های بتنی در سنجش با لایه های آسفالتی (۸)

هزینه اولیه ساخت روسازی بتنی در سنجش با روسازی آسفالتی افزایش می یابد. انجام تعمیرات و عملیات ترمیم در روسازی بتنی مشکل تر است. وجود درزهای انبساط به عنوان یکی از نقاط ضعف روسازی های بتنی محسوب می‌شود؛ که در تشدید خرابیها و تخریب بتن نقش مهمی دارد. به نحوی که مشکل نگهداری و مرمت محل درزهای انبساط به لحاظ پکیدن بتن وجود دارد. | بروز پدیده پامپینگ و خارج شدن مصالح ریزدانه از محل درزهای انبساط در صورت عدم استفاده از مصالح زهکش به عنوان یکی از ضعفهای روسازی بتنی محسوب می‌شود. | دانش فنی و تجربه ساخت روسازی های آسفالتی در میان پیمانکاران در سنجش با روسازی های بتنی بسیار بیشتر است. از این رو اجرای روسازی های بتنی به دلیل نیاز به ماشین آلات پیشرفته و جدیدتر و عدم مهارت های فنی و تجربه های عملی مشکل تر است.

- مزیت روسازی های بتنی در سنجش با آسفالتی

- ۱- روسازی های بتنی در نواحی با مقاومت بستر کم و ترافیک سنگین نسبت به روسازی آسفالتی ارجحیت دارد.

- ۲- هزینه های تعمیر و نگهداری روسازی بتنی در سنجش با آسفالتی کمتر است.
- ۳- به دلیل فراهم ساختن دید بیشتر در شب برای استفاده کنندگان، روسازی بتنی از نظر ایمنی نسبت به آسفالتی ارجح تر است.
- ۴- ضخامت روسازی بتنی در سنجش با روسازی آسفالتی کمتر است؛ و در نتیجه در نواحی که محدودیت ضخامت وجود دارد ارجحیت داشته و در عین حال در مصرف مصالح نیز صرفه جویی می شود.
- ۵- به دلیل صرفه جویی در به کار گیری مصالح در لایه های بتنی تخریب منابع طبیعی و محیط زیست کمتر صورت می گیرد.
- ۶- در شرایط محیطی با دمای زیاد عملکرد روسازی بتنی بهتر از آسفالتی است.

معایب روسازی های بتنی در سنجش با لایه های آسفالتی (۸)

هزینه اولیه ساخت روسازی بتنی در سنجش با روسازی آسفالتی افزایش می یابد. انجام تعمیرات و عملیات ترمیم در روسازی بتنی مشکل تر است. وجود درزهای انبساط به عنوان یکی از نقاط ضعف روسازی های بتنی محسوب می شود؛ که در تشدید خرابیها و تخریب بتن نقش مهمی دارد. به نحوی که مشکل نگهداری و مرمت محل درزهای انبساط به لحاظ پکیدن بتن وجود دارد. | بروز پدیده پامپینگ و خارج شدن مصالح ریزدانه از محل درزهای انبساط در صورت عدم استفاده از مصالح زهکش به عنوان یکی از ضعفهای روسازی بتنی محسوب می شود. | دانش فنی و تجربه ساخت روسازی های آسفالتی در میان پیمانکاران در سنجش با روسازی های بتنی بسیار بیشتر است. از این رو اجرای روسازی های بتنی به دلیل نیاز به ماشین آلات پیشرفته و جدیدتر و عدم مهارت های فنی و تجربه های عملی مشکل تر است.



شکل (۱). متراکم سازی روسازی بتنی [۸]

روسازی بتن غلتکی

از میان انواع مختلف روسازی های بتنی، روسازی بتن غلتکی اخیرا به عنوان راهکاری به عنوان جایگزین روسازی بتن سیمانی مورد استفاده قرار گرفته است. از طرفی به جهت هزینه بالای آسفالت و عملکرد نامناسب روسازی های انعطاف پذیر در نواحی مانند مناطق ساحلی، انبارهای کالا، نواحی خزش هواپیما در باند فرودگاه و محل های با ترافیک وسایل نقلیه سنگین، روسازی های بتنی به طور گسترده ای در سراسر دنیا بکار برده می شود. از آنجایی که روسازی های بتن غلتکی برای اهداف باربری وزین در دراز مدت بکار برده می شود، لازم است خرابی های بالقوه با بهینه سازی طرح های اختلاط به کمینه برسد.

پدیده یخ زدن و آب شدن یکی از دلایل مهم خرابی بتن غلتکی است. خرابی معمول بتنی که در معرض شرایط یخ زدن و آب شدن قرار می گیرد شامل ترک خوردگی تصادفی، پوسته شدگی سطحی، خرابی درز به علت ترک خوردگی D یا ترک خوردگی دوام است. دو نوع اول ترک خوردگی مذکور به علت کمبود حباب هوای وارد شده در بتن یا لایه سطحی است و پدیده خرابی بعدی در درجه اول ناشی از سنگدانه های کم دوام است.

آسیب ناشی از دوره های یخ زدن و آب شدن در روسازی های درزدار بتن سیمانی یک مشکل جدی است. در شرایط آب و هوایی مرطوب به همراه یخبندان، وجود پیوسته آب بر روی روسازی، درون روسازی و استفاده از نمکهای یخ زدا اغلب منجر به آسیبی جدی تر می شود. ترک خوردگی دی دوام الگویی از ترکها بوده که به موازات و نزدیک یک درز روسازی تشکیل می شود یا ترک خطی ناشی از انبساط یخ زدن و آب شدن سنگ دانه های بزرگ و کم دوام است. با وجود مزیت های متعدد این بشن، نگرانی در خصوص قابلیت آن برای مقاومت در برابر حمله یخبندان و پوسته شدگی ناشی از نمکهای یخ زدا وجود دارد. به علت حجم کم خمیر سیمان و طبیعت بسیار سخت این مخلوطها، ورود حباب هوا در این نوع بتن فرایند بسیار مشکلی است با توجه به اینکه تراکم، حباب های هوا را نامنظم و کاهش می دهد. نمونه های بتن غلتکی از هر خرابی قابل توجه طی مدت زمان طولانی تحت شرایط شدید یخ زدگی آسیب می بینند. همچنین بر اساس نتایج دریافت که مقدار هوای بسیار کمی مورد نیاز است تا بتن غلتکی در برابر ریز ترک خوردگی های ناشی از یخبندان محافظت شود. سامانه خلل و فرج در بتن غلتکی این امکان را به آب میدهد تا آزادانه از میان خمیر سیمان بر اساس فشار اسمزی حرکت داشته باشد و امکانی فراهم کند تا آب در زمان یخ زدن قابلیت انبساط بدون ایجاد ترک داخلی داشته باشد.

- ویژگی ها و کاربرد بتن الیافی^۱

بتن الیافی یکی از انواع مصالح کامپوزیتی محسوب می شود که با ترکیب دو مصالح بتن و الیاف ساخته می شود این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم منحنی شکل را فراهم می آورد در واقع بتن الیافی نوع پیشرفته این فناوری است که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین کاه و سیمان جانشین گل به کار رفته در ترکیب کاه گل شده اند [۱۹]

در تحقیقات و مراکز اجرایی و پیمانکاران با استفاده از انواع الیاف شیشه، پلی پروپیلن، فولاد و کربن، تولید انواع بتن های ترکیبی در کاربری های مختلف سازه های روسازی راهها و ساختمان های اداری، تجاری مساجد و پی سازه های با اهمیت بالا و... ممکن گردیده و به کارگیری آنها در کشورهای توسعه یافته دنیا قابل قبول بخش ساختمان و عمران واقع شده است. بتن الیافی ویژگی مناسبی همچون شکل پذیری بالا، مقاومت زیاد، قابلیت استهلاک انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن را دارا

^۱FRC: fiber reinforced concrete

میباشد که با آن‌ها می مقاومت موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت. به طور مثال در ساخت کف سالن های صنعتی، می مقاومت از این نوع بتن به جای بتن آرماتورهای شبکه بندی شده متعارف استفاده کرد موارد دیگری از به کار گیری این بتن، ساخت قطعات پیش ساخته ساختمانی همچون پانل های سایبان و یا پاشش بتن روی سطوح انحنادار همچون تونل ها می باشد. به کارگیری این بتن در بنای یک سازه علاوه بر موارد یادشده از مزایایی همچون عایق بودن سازه در برابر صدا و سرعت بالای اجرا نیز برخوردار است. اما از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن کاملا تصادفی می باشد، از این بتن معمولا نمی مقاومت به نحو مطلوبی در ساخت تیرها و ستون ها بهره گرفت و در این نوع سازه ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فلزی به صرفه تر و مناسب تر می باشد. لازم است به این نکته توجه شود که ناکارآمدی یک فناوری جدید در نقاط ضعف خود نباید مانع نادیده گرفتن کاربردهای مناسب آن در نقاط قوت آن و عدم توجه به آن گردد. در مجموع برای کاربرد در سازه الیاف فلزی می مقاومت نقش مکملی برای آرماتور داشته باشد. الیاف فلزی با پخش ترکها مقابله می کنند و از به وجود آمدن تمرکز تنش در بخش های مختلف سازه از جمله در روسازی راه - ها که در هنگام بارگذاری چرخ و مقاومت بتن را در برابر فتیگ برخورد جمع شدگی و تنشهای به وجود آمده در برابر تغییرات دمایی را افزایش داده و بتن در همه مدهای شکست روی ویژگی مکانیکی بتن تأثیر مثبت می گذارد. مهمترین عواملی که می مقاومت بر پاسخ بتن ترکیبی تأثیر گذار باشد می مقاومت به ویژگی ماتریس بتن بازدهی الیاف و مقدار الیاف اشاره کرد. فناوری بتن پر مقاومت توسعه ای جدید در صنعت ساخت سازه های بتنی محسوب می شود. در بتن سخت شده مقاومت و دوام دو عامل اصلی بوده و هر چه مقاومت فشاری بتن بیشتر می شود بتن تردتر شده و در نتیجه مقاومت کششی آن به نسبت افزایش مقاومت فشاری افزایش نمی یابد و نیز از تحمل کرنش پایین تر برخوردار است. لذا دلیل استفاده از بتن با الیاف کاملا واضح و مبرهن است. مقدار افزایش با تغییر این مقاومتها بستگی به مقاومت بتن بدون الیاف شکل الیاف و درصد الیاف دارد

بتن پر مقاومت شامل الیاف فلزی، ترکیبی است از سیمان مصالح سنگی، آب، فوق روان کننده، دوده سیلیس و همچنین درصدی از الیاف فلزی که به طور درهم و کاملا اتفاقی و در جهات مختلف در مخلوط پراکنده شده است. وجود الیاف فلزی مشخصات مکانیکی بتن را نسبت به حالت ترقی می بخشد. [۹]

نقش الیاف در بتن

مزایا و نقش مهم الیاف در بتن الیافی باعث شده که موردعلاقه اکثر پیمانکاران و طراحان قرار گیرد. امکان به کارگیری در اکثر شرایط آب و هوایی، استفاده از مترتال طبیعی و ارزان، دارای هزینه کم در سنجش با حجم زیاد عملیات و شکل پذیری آن با توجه به کاربرد فیزیکی و کارایی بالا و مقاومت بسیار بالا و مقاوم در برابر نیروهای کامپرشن و تنش و قابلیت استهلاک انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن از ویژگیهای برجسته این نوع بتن است.

ویژگی شاخص این کالای بتنی ترکیبی موارد ذیل را برشمرد:

- ۱- کم کردن ضخامت روسازی در حالی که مقاومت و پایداری وجود داشته باشد.
- ۲- دال های اجرا شده در جداره ها که دارای تمرکز تنش در حالت معمول هستند در حالت استفاده از انوان الیاف دیگر تمرکز تنش به وجود نیامده و احتمال خرابی و گسیختگی تا حد زیادی کاهش می یابد.
- ۳- کاهش ترکهای ریز بتن

۴- بهتر شدن خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی بتن

۵- کاهش ترکهای انقباضی در زمان اولیه بتن ریزی

۶- جلوگیری از خرد شدن بتن در اثر مواجهه با بارگذاری هارمونیک و نوسانی حاصل از چرخ انواع ماشین ها.

۷- بالا بردن مقاومت فشاری بتن تا هزار کیلوگرم بر سانتی متر مربع.

موارد استفاده و محدودیت های کاربرد بتن الیافی

هر فناوری همواره کاربردها و محدودیت های خاص خود را دارد. بتن الیافی ویژگی مناسبی همچون شکل پذیری بالا، مقاومت فوق العاده، قابلیت استهلاک انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن را دارا است که متناسب با آن ها می مقاومت موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت. به طور مثال در ساخت کف سالن های صنعتی، می مقاومت از این نوع بتن به جای بتن آماتوری متداول سود جست این نوع بتن از بهترین مصالح مورد استفاده در ساخت بناهای مقاوم به برخورد، همچون سازه پناهگاهها و انبارهای نگهداری مواد منفجره به شمار می رود و بنای شکل گرفته از بتن، قابلیت فوق العاده ای در استهلاک انرژی برخورد دارد همچنین در ساخت باند فرودگاه ها به خوبی می مقاومت از این نوع بتن کمک گرفت. مواردی دیگری از به کارگیری این نوع بتن، ساخت قطعات پیش ساخته ساختمانی همچون پانل های سایبان و یا پوشیدن بتن روی سطوح انحنادار همچون تونل ها است. به کارگیری این نوع بتن در بنای یک سازه علاوه بر موارد یاد شده از مزایای همچون عایق بودن در برابر صدا و سرعت بالای اجرا نیز برخوردار است.

وجود الیاف در بتن ضمن افزایش مقاومت فشاری و کششی یکی از عوامل بسیار مهم در دوام بتن است. خطاهای حین ساخت بتن در اختلاط مصالح سنگی، میزان سیمان و نسبت آب به سیمان، اهمیت وجود الیاف را به جهت کاهش ترکهای مویی و اهمیت بهره مندی از آن آشکار می سازد. پخش الیاف در حجم بتن به صورت نامنظم امکان مهار نیروهای داخلی را از جهات مختلف مهیا می سازد. ایجاد تنش های برشی در گوشه و زوایای قائم به طور مثال نزدیکی درزها باعث ایجاد ترکهای عمیق در دال بتنی می گردد که با استفاده از الیاف می مقاومت به نحو چشمگیری از ایجاد این ترکها اجتناب نمود.

عموما در صد حجم الیاف به بتن یک دهم تا سه درصد است، اما از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن کاملا تصادفی است، از این بتن معمولا نمی مقاومت به نحو مطلوبی در ساخت دالهای بتنی بهره گرفت و در این نوع سازه ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فلزی به صرفه تر و مناسب تر است. لازم است به این نکته توجه شود که ناکارآمدی یک فناوری جدید در نقاط ضعف خود نباید مانع نادیده گرفتن کاربردهای مناسب آن در نقاط قوت آن و عدم توجه به آن گردد [۹].

مکانیزم عملکرد الیاف در بتن

به طور کلی برای کاربرد در سازه الیاف فولادی می مقاومتند نقش مکملی برای میلگرد داشته باشند. الیاف فولادی با پخش ترکها مقابله می کنند و مقاومت بتن را در برابر خستگی برخورد جمع شدگی و تنش های حرارتی افزایش می دهند. الیاف فولادی می مقاومتند در همه مدهای شکست روی ویژگی مکانیکی بتن تأثیر بگذارند (۲۰).

مکانیزم تقویت را می مقاومت به صورت زیر توجیه کرد تنش ها به وسیله برش محیطی و در صورتی که روسازی الیاف آجدار باشد به وسیله مقاومت چسبندگی (درون سطحی از ماتریس به الیاف منتقل می شود. بنابراین مادامی که ماتریس بتن ترک

نخورده است، تنش کششی بین الیاف و ماتریس تقسیم می‌شود. پس از ایجاد ترک، همه تنش به الیاف انتقال می‌یابد. مهم‌ترین متغیرهایی که بر ویژگی بتن با الیاف فولادی اثر می‌گذارند عبارت‌اند از: ویژگی ماتریس بتن، بازدهی الیاف و مقدار الیاف. بازدهی الیاف به وسیله مقاومت الیاف در برابر بیرون کشیده شدن از مخلوط کنترل می‌شود این مقاومت به چسبندگی بین الیاف و ماتریس بستگی دارد. برای الیاف با مقطع ثابت این مقاومت با افزایش طول، افزایش می‌یابد. بنابراین هر قدر طول بیشتر باشد اثر آن‌ها در ترقی و ویژگی ماتریس بیشتر خواهد بود چون مقاومت در برابر بیرون کشیده شدن متناسب با سطح مقطع دو جسم است. معمولاً الیاف با سطح مقطع گرد و قطر کوچک بیشتر از الیاف با سطح مقطع گرد و قطر بزرگتر بازدهی دارند. این امر به این خاطر است که الیاف دسته اول سطح بیشتری در واحد حجم دارا

ستفاده و کاربرد بتن الیافی در ایران

در خیلی از آیین‌نامه‌های جدید استفاده از الیاف مختلف را به جایگزینی آرماتور قابل‌امکان دانسته اما فعلاً آیین‌نامه بتن ایران یا مبحث ۹ مقررات ملی ایران چنین مجوزی را صادر نکرده‌اند. اگر چه در کشور ما تحقیقات تئوری و فعالیتهای تجربی زیادی در حیطه افزایش و کاربرد فناوری های بتن الیافی صورت گرفته است، اما حقیقت آن است که گسترش این فناوری بیش از همه وابسته به اعلام نیاز از سوی بازار و مقرون به صرفه نمودن کاربری آن از سوی پژوهشگران کشور است. در این کنفرانس، محققان و سخنرانان از مراکز مختلفی به ایراد سخنرانی و ارائه مقاله پرداختند. به طور مثال در یک نمونه از کارهای ارائه شده، مسئله به صرفه استفاده از این نوع بتن مورد بررسی و مطالعه کارشناسی قرار گرفته بود. حاصل این بررسی مؤید آن بود که در بعضی پروژه‌های صنعتی، به کارگیری بتن الیافی نسبت به روش‌های متداول استفاده از شبکه بندی فولادی، بسیار اقتصادی تر، سریع تر و آسان تر است.

برگزاری این همایش اثرات مثبت زیادی در شناسایی و توسعه این فناوری داشت. پس از آن، بخش‌هایی از صنعت و دانشگاه به بررسی امکان تولید الیاف گوناگون بالأخص الیاف شیشه و فولاد پرداختند. همچنین به تدریج بتن الیافی با الیاف تقویت کننده پلی پروپیلن به بازار مصرف راه یافت در انجام پروژه‌هایی به کار گرفته شد. در مجموع قدمهای مثبتی در این جهت برداشته شده است اما سرعت این حرکت نسبتاً کند بوده است. یکی از نکات بسیار مهمی که بایستی در راستای اف‌اره کاربردی بتن با مقاومت بالا مد نظر داشت به صورت خلاصه در بند زیر توضیح داده می‌شود.

پیشینه:

تاریخچه استفاده از الیاف

مصری‌ها از کاه برای مسلح کردن آجرهای گلی استفاده می‌کرده‌اند شواهدی هست که در حدود ۵۰۰۰ سال قبل، از الیاف آزیبست در ساخت ظروف گلی استفاده شده است. در دهه ۱۹۵۰ برای اولین بار در کشور شوروی و بعد در کشور آمریکا در سال ۱۹۶۰ مطالعاتی انجام شده که در صورت استفاده از الیاف فلزی در ماتریس شکننده، تمرکز تنش در محل ترکهای بوجود آمده کاهش می‌یابد [۳۹].

بتن الیافی که به نام های زیر در جهان موجود است آرماتورها که معروف به آرماتورهای با الیاف پلاستیکی (FRP) هستند از الیاف مختلفی چون الیاف شیشه ای (GFRP) الیاف آرامیدی (AFRP) و الیاف کربنی (CFRP) در یک رزین چسباننده

تشکیل شده اند در دنیا معروف است استفاده از الیاف های گوناگون در بتن جهت ترقی عملکرد مکانیکی آن در برابر بارهای دینامیکی از قبیل وزنه افتان، پرتابه های کوچک با سرعت بالا و نیز انفجار به دهه ها قبل برمی گردد. مطالعات متعددی برای تعیین رفتار بتن های مسلح الیافی در برابر بارهای دینامیکی صورت پذیرفته است. کریشنا و همکاران [۴۰] نشان دادند که استفاده از الیاف های طبیعی در بتن سبب افزایش ۳ تا ۱۸ برابری مقاومت آن در برابر برخورد در سنجش با بتن بدون الیاف می گردد. مطالعات انجام شده توسط راثو و همکاران [۴۱] بر روی دال های بتنی دوطرفه مسلح شده با الیاف فولادی نیز بر این نکته تأکید دارند که افزایش کسر حجمی الیاف از ۸ به ۱۲ درصد سبب افزایش قابل ملاحظه ای در جذب انرژی می گردد. مطالعه اوتنگ و همکاران [۹] نیز حکایت از جذب انرژی بیشتر دال های بتنی مسلح شده با الیاف فولادی با انتهای قلاب دار در سنجش با دال های مسلح شده با الیاف پلی افیلین و نیز پلی-وینیل الکل در برابر برخورد ناشی از پرتابه های با سرعت کم دارند. | ژنگا و همکاران [۱۰] در مطالعات خود بر روی میزان عمق نفوذ پرتابه ها بر روی بتن های مقاومت بالا بدین نتیجه دست یافتند که با افزایش مقاومت بتن، عمق نفوذ پرتابه کمتر می گردد. شلیر و همکاران (۱۱) رفتار بتن های مسلح الیافی با مقاومت بالا را در برابر انفجار مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این گونه بتن ها در سنجش با بتن های استاندارد عملکرد بهتری دارند.

FGM ها مواد کامپوزیتی جدیدی هستند که هدف از ساخت آنها، دست یافتن به ویژگی و عملکرد موردنظر با تغییر مشخصات در راستای حجم است [۱۲]. این مفهوم را می مقاومت در بتن های الیافی نیز مورداستفاده قرارداد که در آن صورت به آن بتن الیافی FG گویند. دیاس و همکاران (۱۳) در بررسی های خود دریافتند که ساخت نمونه های بتنی با استفاده از درصد های متغیر در راستای ضخامت سبب کاهش میزان موردنیاز الیاف در ساخت نمونه ها بدون هیچ گونه تغییری در مدول گسیختگی کامپوزیت می گردد.

مطالعات انجام شده توسط کونک و همکاران نیز نشان از مقاومت برخوردای بسیار بالاتر پانل های سیمانی FG در سنجش با پانل های سیمانی معمولی در برابر پرتابه های با سرعت بالا دارند. آر. چووک. کوبایاشی بررسی رفتار خمشی نمونه های بتن تسلیم شده با الیاف پلی پروپیلنی در سال ۱۹۸۱ نشان دادند که تقویت الیافی با تحمل بار مفید بیشتر از بار اولین ترک، به وضوح صلبیت را افزایش میدهد [۱۵] در سال ۱۹۹۹ میلادی در ایالات متحده، مشخصات بتن ساخته شده با سیمان منبسط شونده و میکروسیلیس و تسلیح شده با الیاف پلی پروپیلنی توسط حسام ا. توتریجی بررسی شد و مشخص گردید که استفاده از

۵.۷ میکروسیلیس با نسبت حجمی الیاف ۳٪ درصد، برای کارهای ترمیمی از دیدگاه کارایی، چسبندگی، مقاومت، تغییر طول و نفوذپذیری، طرح اختلاط بهینه ای است (۱۶).

سی. گر کین از چین و پی. سترو اون از هلند در سال ۲۰۰۰ بهینه کردن اندازه، حجم الیاف، حجم خاکستر بادی در بتن تسلیح شده با الیاف فلزی - پلی پروپیلنی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که حجم مشخصی از ذرات ریز همچون خاکستر بادی برای پراکندگی یکنواخت الیاف ضروری است [۱۷]

ماتیاس زیمر و همکاران در سال ۲۰۰۶ در استرالیا در بررسی های خود نشان دادند که چگونه الیاف پلی پروپیلنی رفتار خردشدگی بتن درجا را ترقی می بخشند. نتایج به دست آمده دیدگاهی از نظر خردشدگی بتن با مقادیر مختلف الیاف پلی پروپیلنی ارائه میدهد [۱۸]

اهمیت تحقیق:

در این مطالعه ابتدا با استفاده از یک نمونه تجربی به بررسی صحت نتایج حاصله از برنامه عنصر محدود Ansys پرداخته می‌شود سپس با شبیه سازی نمونه روسازی بتنی در دو حالت بتنی و بتنی با الیاف کربن به بررسی تأثیر استفاده از الیاف پرداخته می‌شود سپس با ایجاد تغییرات در درصد الیاف کربن به بررسی تأثیر در صد الیاف کربن بر روی پارامترهای مقاومت فشاری و کششی و همچنین میزان کرنش مدل در اثر بارگذاری چرخ پرداخته می‌شود. در نهایت با پردازش داده های دریافتی از برنامه Ansys و رسم نمودارهای سنجش ای به سنجش کامل مدل ها پرداخته خواهد شد.

مراحل انجام محاسبات در هشت گام زیر خلاصه می‌شود:

۱. انجام صحت سنجی با استفاده از نمونه تجربی در دسترس
۲. تعریف المان های خطی برای الیاف و تعریف المان حجمی برای توده بتن
۳. تعریف مصالح الیاف با توجه به مقالات مرجع و تعریف مصالح بتن در کشش و فشار با توجه به مقاومت ۲۸ روزه آن
۴. رسم شکل هندسی مدل
۵. اعمال تغییرات در درصد الیاف به کار برده شده
۶. اعمال بارگذاری چرخها
۷. بررسی خروجیها که شامل تنش ها و کرنشهاست
۸. تجزیه وآنالیز خروجیها و نتیجه گیری و ارائه

محدودیت های مطالعه

از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن کاملا تصادفی می باشد از این بتن معمولا نمی مقاومت بنحو مطلوبی در ساخت دال های بتنی استفاده نمود. استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی به صرفه تر نمی باشد اما جهت مقاوم سازی روسازی بتنی موثر می باشد.

نو آوری پژوهش

در این پژوهش با استفاده از الیاف در بتن سعی شده است میزان شکل پذیری و خستگی روسازی را بهبود بخشیم که به عنوان نوآوری اصلی این پژوهش محسوب می‌شود. در قرن اخیر دو مترئال فولاد و بتن به دلایلی همچون در دسترس بودن، سهولت اجرای سازه و هزینه مناسب اجرا در ساختمان انواع سازه ها از جمله پاساژها، پل ها، سازه سد، متروها، قطار شهری ها، فرودگاهها و ساختمان تجاری و اداری و غیره به کار برده می‌شوند. فلذا یکی از دلایل اصلی پیشرفت جوامع که سیستم های سازه ای و مدرن بودن شهرها است را مدیون دو ماده فولاد و بتن دانست. توجه به این موضوع که باربری یک سازه متشکل از اعضای اصلی سازه است لذا با دو ترکیب دو ماده فولاد و بتن و ساخت یک ماده کامپوزین مناسب می مقاومت به عملکرد بسیار بالایی از سازه دست یافت. مصالح فولاد به خاطر اینکه در شرایط کنترل شده کارخانه با کنترل کیفیت مناسب تولید می‌شوند لذا کاربرد ساده و اطمینان بخش تری نسبت به بتن داند که به صورت کارگاهی تولید می‌شود و مصالح بتن ساخته شده به پارامترهای زیادی از جمله نوع سیمان و نسبت آب به سیمان و... بستگی دارد و عدم اطلاع کافی از مشخصات مواد تشکیل دهنده بتن و نحوه ساخت و کاربرد آن می مقاومت مشکلات و خسارات جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد. در شرایط عصر

حاضر با امکانات بیشتر موجود در اختیار بشر، شناخت انواع بتن و مشخصات آن‌ها نیز توسعه قابل بسیار زیادی داشته است، به حدی که امروزه انواع مختلف بتن با دانه بندی و ویژگی مقاومتی مختلف تولید و استفاده می‌شوند و هرکدام کاربرد مخصوص به خود را دارند. در حال حاضر انواع مختلفی از سیمان‌ها که حاوی پزولان‌ها، خاکستر بادی، سرباره کوره‌های آهن‌گدازی، سولفورها، پلیمرها، الیاف‌های مختلف و افزودنی‌های متفاوتی هستند، تولید می‌شود. ضمن اینکه ساخت انواع بتن نیز با استفاده از دما، بخار، اتو کلاو، تخلیه هوا، فشار هیدرولیکی، ویریه و انجام می‌گیرد. بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان و سنگدانه‌های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در شرایط محیطی خاصی به دست می‌آید و دارای ویژگی‌هایی همچون مقاومت مناسب و انعطاف پذیری قابل قبول است (۱۹).

روش پژوهش:

معرفی برنامه Ansys

نرم افزار قدرتمند و شبیه ساز ساده ای می باشد که قدرت مقاومتیایی یک طراحی معتبر و استاندارد را به طراحان و مهندسين می دهد تا ایده هایشان را بر روی صفحه کامپیوترهایشان پیاده کنند. در این نرم افزار از سیستم کارآمد و آسان اتوماسیون پایگاه داده ها استفاده می گردد و باعث کاربری بسیار آسان این نرم افزار گردیده که به گفته سازنده نرم افزار می مقاومتند به قدری قدرتمند باشد که برای ۳۲ سال آینده جهت حل مشکلات طراحی مؤثر، مفید و قابل اعتماد واقع گردد.

با به کار بردن این نرم افزار مهندسين قادر به طراحی و تولید محصولاتی با کیفیت بهتر در زمانی کمتر خواهند بود. این نرم افزار مهندسين و طراحان را قادر می سازد تا به راحتی بهینه سازی ساختاری، حرارتی، دینامیکی، تعادل وزنی و عملکردی و همچنین شبیه سازی های مد ارتعاشی و ضریب اطمینان و ایمنی را در طرح هایشان به صورت مرحله به مرحله اعمال کنند. | ابزارهای پیش بینی شده در انسیس امکان تحلیل انواع مختلف سازهها مانند قاب، مخزن، سد، پل... و اجزای سازههای مانند اتصالات فولادی، اعضای فولادی یا بتنی، ایزولاتورها،... را به روشهای مختلف فراهم ساخته است. از آن جمله می مقاومت به تحلیل های استاتیکی، بارگذاری رفت و برگشتی، مودال، تاریخچه زمانی، طیفی و... اشاره کرد. برای شبیه سازی شرایط مختلف تکیه گاهی گزینه های متعددی به صورت شتاب، جابجایی، نیرو و یا لنگر با الگوهای مختلف در دسترس هستند که به طور ثابت یا متغیر با زمان قابل استفاده اند. همچنین مدل های رفتاری مختلفی از مصالح شکل پذیر و ترد مانند مدل های دو و چند خطی فولاد، مدل دراگر - پراگر و مدل شکست بتن در آن پیش بینی شده است که در حوزه رفتار غیرخطی بکار می روند. Ansys نرم افزار قدرتمند و شبیه ساز ساده ای است که قدرت مقاومتیایی یک طراحی معتبر و استاندارد را به طراحان و مهندسين میدهد تا ایده هایشان را بر روی صفحه کامپیوترهایشان پیاده کنند. در این نرم افزار از سیستم کارآمد و آسان اتوماسیون پایگاه داده ها استفاده می گردد و باعث کاربری بسیار آسان این نرم افزار گردیده که به گفته سازنده نرم افزار می مقاومتند به قدری قدرتمند باشد که برای ۳۲ سال آینده جهت حل مشکلات طراحی مؤثر، مفید و قابل اعتماد واقع گردد.

اطلاعات ورودی مورد نیاز المان مختصات هندسی المانها جهت تعریف شکل هندسی روسازی بتنی:

(۱) مشخصات در گرهما

(۲) مشخصات در سطح المان

(۳) مشخصات خروجی شامل طیف گسترده ای از نتایج از جمله تنش ها، کرنشها، نیروها و...

روش شبیه سازی

در این مطالعه ابتدا با استفاده از یک نمونه تجربی به بررسی صحت نتایج حاصله از برنامه عنصر محدود Ansys پرداخته می‌شود سپس با شبیه سازی نمونه روسازی بتنی در دو حالت بتنی و بتنی با الیاف کربن به بررسی تأثیر استفاده از الیاف پرداخته می‌شود سپس با ایجاد تغییرات در درصد الیاف کربن به بررسی تأثیر در صد الیاف کربن بر روی پارامترهای مقاومت فشاری و کششی و همچنین میزان گونش مدل در اثر بارگذاری چرخ پرداخته می‌شود. المان ۶۵ Solid برای شبیه سازی توده بتن b المان ۸ Link برای شبیه سازی الیاف

معرفی مصالح (تعریف نمودار تنش- کرنش)

a برای بتن

b: برای الیاف

روش آنالیز:

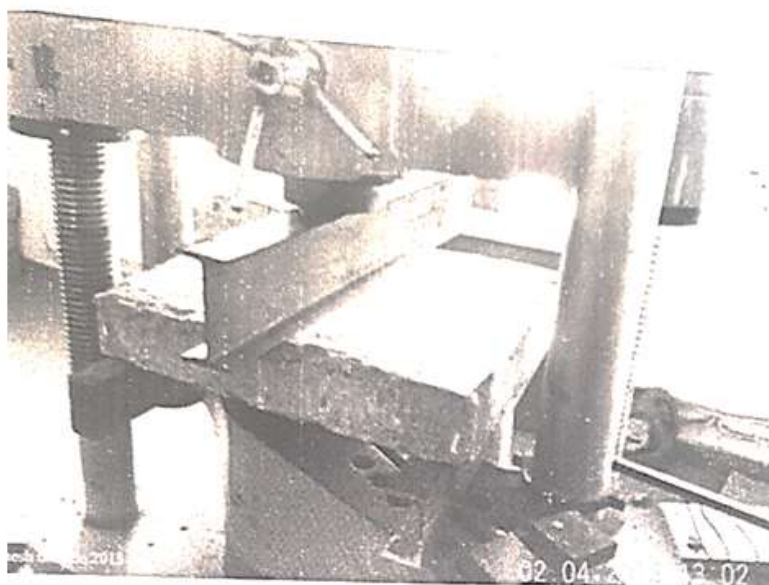
در این تحقیق در راستای دستیابی به نحوه عملکرد روسازی بتنی تقویت شده با الیاف با استفاده از روش عددی و برای انجام آنالیز از روش آنالیز استاتیکی غیرخطی استفاده می‌کنیم، که توضیحات آن در ادامه داده می‌شود.

- متغیرها و پارامترهای هدف:

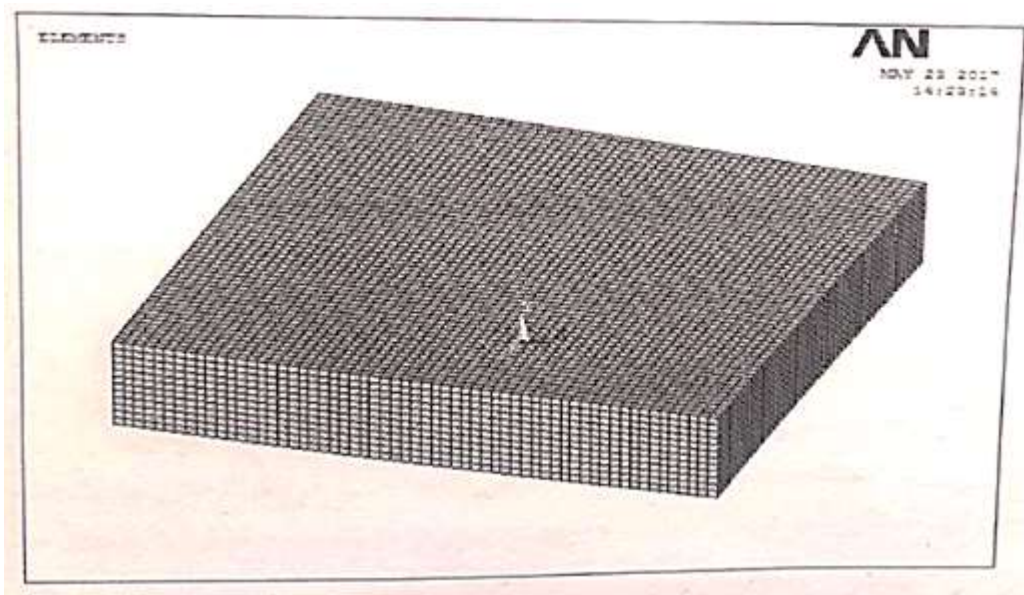
در این تحقیق پارامترهای مورد بررسی در دو حالت تقویت با الیاف و نوع الیاف کربن، آرامید و شیشیه در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اهداف اصلی این پژوهش در این پایان نامه به محاسبه مقادیر شکل‌پذیری، ترک‌خوردگی، صلبیت، مقاومت نهایی و کرنش تسلیم پرداخته خواهد شد.

- مبانی روش آنالیز استاتیکی غیرخطی

روش‌های استاتیکی غیرخطی بدلیل سادگی به عنوان یکی از محبوبترین ابزارهای تحلیل در برآورد تقاضای سازه می‌باشند. این رویکردها یک نمایش گرافیکی موثر از پاسخ کلی سازه از طریق منحنی



شکل ۲



شکل ۳

نتیجه گیری

در این مقاله رفتار دال بتن الیافی تقویت شده با انواع الیاف مورد بررسی و سنجش قرار گرفت. مدل هایی جهت برآورد پارامترهای عملکردی آن به صورت غیرخطی هندسی و مصالح آنالیز گردید. لذا خلاصه نتایج به صورت زیر ارائه می گردد

نتیجه گیری کلی مطالعه / با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می شود که با استفاده از الیاف از جنس کربن مقاومسته ایم میزان صلبیت را به مقدار ۳۴ درصد افزایش دهد و با استفاده از الیاف از جنس آرامید مقدار صلبیت ۳۲ درصد افزایش داده می شود، و همچنین با استفاده از الیاف از جنس شیشیه مقدار صلبیت ۳۰ درصد افزایش داده می شود. و با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می شود که با استفاده از الیاف از جنس کربن مقاومسته ایم میزان مقاومت نهایی را به مقدار ۶۷ درصد افزایش دهد و با استفاده از الیاف از جنس آرامید مقدار مقاومت نهایی را ۵۶ درصد افزایش داده می شود، و همچنین با استفاده از الیاف از جنس شیشیه مقدار مقاومت نهایی را ۵۱ درصد افزایش داده می شود. / با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می شود که با استفاده از الیاف از جنس کربن مقاومسته ایم میزان شکل پذیری را به مقدار ۲۱ درصد کاهش دهد و با استفاده از الیاف از جنس آرامید مقدار مقاومت نهایی را ۱۵ درصد کاهش داده می شود، و همچنین با استفاده از الیاف از جنس شیشیه مقدار مقاومت نهایی را ۱۴ درصد کاهش داده می شود. / با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می شود که با استفاده از الیاف از جنس کربن مقاومسته است میزان کرنش تسلیم را به مقدار ۲۶ درصد کاهش دهد و با استفاده از الیاف از جنس آرامید مقدار کرنش تسلیم را ۱۸ درصد کاهش داده می شود، و همچنین با استفاده از الیاف از جنس شیشیه مقدار کرنش تسلیم را ۱۷ درصد کاهش داده می شود.

استفاده از الیاف در بتن باعث شده است انسجام بین سازه بیشتر شود و از به وجود آمدن تمرکز تنش در سازه جلوگیری شود با این روش میزان سختی سازه افزایش پیدا کرده و مقاومت سازه افزایش یافته است اما به دلیل افزایش زیاد سختی اولیه سیستم سازه دیرتر وارد فاز تسلیم شده و با اینکه کرنش نهایی سازه افزایش یافته است اما میزان شکل پذیری سازه کاهش پیدا

کرده است. با توجه به نمودارهای تنش- کرنش مصالح الیاف FRP که در نمودار زیر نشان داده شده است مشاهده می‌شود که میزان سختی و مقاومت الیاف از جنس کربن نسب به شیشه و آرامید بیشتر بود و به همین دلیل در سازه بتنی هم ما شاهد عملکرد بهتر الیاف از جنس هستیم

پیشنهادها

با توجه به دامنه گسترده مطالعات و نو بودن مطالعه حاضر، لذا در این پایان نامه مجال پرداختن به تمامی جنبه‌ها نیست. از طرفی پرداختن به تمامی جنبه‌ها ما را از اهداف پایان نامه دور خواهد نمود. لذا در ادامه، پیشنهادهای جهت تکمیل مطالعات بر روی این سامانه ارائه شده است که عبارت اند از: / پیشنهاد می‌گردد که به بررسی تأثیر استفاده از الیاف FRP بر روی سامانه به صورت نواری مورب و موازی به روش شبیه سازی برنامه‌ی المان محدود به روش ارتوتروپیک پرداخته شود. / پیشنهاد می‌گردد که به بررسی نحوه چیدمان الیاف درون بتن به روش میکرو پرداخته شود / پیشنهاد می‌شود با استفاده از برنامه آباکوس شبیه سازی و نتایج با برنامه انسیس سنجش گردد.

منابع:

۱. آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران، نشریه شماره ۲۳۴، معاونت نظارت راهبردی وزارت راه و شهرسازی، دفتر نظام فنی اجرایی موسسه قیر و آسفالت ایران پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۹۰
۲. مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ۱۳۸۳
۳. ضایعاتی در افزایش عمر مفید مخلوطهای آسفالتی گرم"، مجموعه مقالات هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، اردیبهشت ۱۳۸۸
۴. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، "آیین نامه روسازی آسفالتی
۵. راههای ایران (نشریه ۲۳۴- تجدید نظر اول) تابستان ۱۳۹۰
6. Huang. Y. H. "Nvement Analysis & Design. " Prentice Hall. New Jersey, pp. 16-17. 1993
7. Lofsjogar. M. "A Laboratory Investigation on Bonding Properties of Dowels in Concrete Roads. " Swedish Cement and Concrete Research Institute. Sweden. 2004.
8. M. L. Guinn. R. J. "AssesPAVEMENT MODELEnt of Dowel Bar Research. " Iowa DeNrtment of Transportation. 2002.
9. AASHTO. "Guide For Design of Nvement Structures. " Amirican Asociation of Stute Highway and Transportateon Officials Washington. D. C. 1993.
10. Prabhu. M. L. "Effects of Dowel Misalignment on Concrete Nvement Joint Opening Behavior. " PHD Dissertation. Michigan Sate University. 2007.
11. Ong K. C. G.. Basheerkhan. M.. Nramasivam. P.. "Resistance of fiber concrete slabs to low velocity projectile iN/mm2ct. " Cement & Concrete Composites 21 (1999) 391-401.
12. Zhanga. M. H.. Shimb. V. P. W.. Lua. G.. Chewa. C. W.. "Resistance of high-sttngth concrite to projectile iN/mm2ct. " International Journal of IN/mm2ct Engineering 31 (2005) 825-841

13. Schleyer. Graham. Barnett. Stephanie. Millard. Steve. "Testing and analysis of ultra high performance fiber reinforced concrete Nnels". 45th UKELG One-Day Discussion Meeting University of Liverpool. March 2010.
14. Miyamoto. Y. Kaisser. WA. Rabin. BH. Kawasaki. A. Ford. RG. "Functionally graded materials: design. processing and applicatiins". Mater technol series. Kluwer Academic Publisher;
15. 1999
 - a. Diasa. C. M. R.. Savastano. H.. John. Jr. V. M.. "Exploring the potential of functionally graded materials concept for the
16. Yoder. E. J. and Witczak. M. W. 1975. Principles of Nvement Design. 2nd Ed. John Wiley. New York.
17. Delatte. N. J.. (2007) Concrete Nvement Design. Construction, and Performance. Taylor & Francis. UK.
18. Chatti. K. Kim. H. B.. Yun. K. K. Mahoney. J. P.. MoniPAVEMENT MODELith. C. L.. Field Investigation into Effects of Vehicle Speed and Tire Pressure on Asphalt Concrete Nvement Strain". Transportation Research Record. No. 1539. 1996.
19. Ramakrishna G.. Sundararajan T.. "IN/mm2ct strength of a few natural fibre reinforced cement mortar slabs: a CON/mm2rative