أ
٢٠٢٠٥٥٥ـ ١٤٢٤٥٢

دانشگاه مازندران

عنوان:

بررسی رفتار خمشی دال های مجوف ساخته شده با بتن خود متراکم و مسلح شده با میلگرد *FRP*

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران- سازه

استاد راهنما:

دکتر بهرام نوائی‌نیا

استاد مشاور:

دکتر مرتضی حسینعلی‌بیگی

۱۳۸۹/۸/۲۲

نگارش:

سهند سعیدیان

واحد اطلاعات مدارک علمی و پایه
تهیه مدارک

تیر ۱۳۸۹

۱۴۶۲۵۶

باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی
نوشیروانی بابل

معاونت آموزشی

تحصیلات تکمیلی

ارزشیابی پایان نامه در جلسه دفاعیه

نام و نام خانوادگی دانشجو: سهند سعیدیان — شماره دانشجوئی: ۸۶۵۳۸۴۰۱۰

رشته تحصیلی: مهندسی عمران- سازه — مقطع: کارشناسی ارشد

سال تحصیلی: دوم ۸۹-۸۸

عنوان پایان نامه:

"بررسی رفتار خمشی دالهای مجوف با استفاده از بتن خودمتراکم (Scc) و میلگردهای FRP"

تاریخ دفاع: ۸۹/٤/۲۰

نمره پایان نامه (به عدد): ۱۹,۲۵

نمره پایان نامه (به حروف): نوزده ویست و پنج صدم

هیات داوران:

استاد راهنما: دکتر بهرام نوائی‌نیا

استاد مشاور: دکتر مرتضی حسینعلی‌بیگی

استاد مدعو: دکتر علیرضا میرزاکل‌تبار روشن

استاد مدعو: دکتر سیدباقر حسینیان

نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی: دکتر محمدرضا داودی

امضا

امضا

امضا

امضا

امضا

تشکر و قدردانی :

که منعم کند فضل حق را سپاس

اکنون که به لطف خداوند منان و همکاری ارزشمند استادان ارجمند **آقایان دکتر بهرام نوایی‌نیا** و **دکترمرتضی حسینعلی‌بیگی**، این پایان نامه را به اتمام رساندم، لازم است از مساعدت و راهنمایی خالصانه ایشان تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از راهنمایی‌های آقای مهندس مصطفویان (کارشناس ارشد آزمایشگاه سازه دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل) و نیز کمک‌های آقای ابراهیمی (مسئول آزمایشگاه سازه) که در انجام این مهم از هیچ کوششی دریغ نورزیدند کمال تشکر را دارم.

و در انتها از زحمات و همکاری دوستان خوبم خانم مهندس شیما اسماعیل زاده و آقایان مهندس حسن ذبیح‌اللهی، مهندس محمود ذبیحی و مهندس وحید رضایی تشکر می‌نمایم.

تقدیم به:

پدر و مادر مهربانم، اسطوره های گذشت و فداکاری

چکیده

استفاده از دالهای مجوف که بازشوهایی در امتداد محور طولی خود دارند یکی از روشهای موثر در کاهش بار مرده و به تبع آن بار زلزله می باشد و با توجه به امکان تراکم آرماتور در این نوع دال ها، استفاده از بتنی با روانی بالاو بدون نیاز به ویبره اجتناب ناپذیر به نظر می رسد. از طرف دیگر با توجه به مقاومت پایین میلگرد های فولادی در برابر خوردگی استفاده از میلگردهای پلیمری(FRP) با توجه به مقاوم بودن آنها در برابر خوردگی در سازه های بتنی طی سالیان اخیر کاربرد وسیعی پیدا نموده است. هدف از این تحقیق بررسی آزمایشگاهی رفتار خمشی دالهای مجوف ساخته شده با بتن scc و مسلح به میلگردهای GFRP می باشد.بدین منظور در مجموع ۸ نمونه دال بتن آرمه مجوف ساخته شده است که در آنها متغیرهای اصلی نوع و درصد آرماتور می باشد. همچنین از الیاف پلی پروپیلن در تعدادی از نمونه ها به منظور بهبود نقاط ضعف میلگردهای GFRP استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد آرماتورهای پلیمری دارای شکست ناگهانی و افزایش خیز بین ۱/۵ تا ۳ برابر میلگرد های فولادی می باشند. اما اضافه نمودن الیاف به نمونه ها ی پلیمری باعث افزایش ۲۸ تا ۸۵ درصدی شاخص شکل پذیری و افزایش ظرفیت جذب انرژی می گردد. علاوه براین مقایسه نتایج آزمایشگاهی با روابط آیین نامه ای نشان می دهد آیین نامه ACI 440.1R دقت لازم برای محاسبه ظرفیت خمشی در دالهای مورد آزمایش را از خود نشان نمی دهد.

کلمات کلیدی: میلگردفولادی ، میلگردهای GFRP ،الیاف پلی پروپیلن، تغییر مکان

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول	
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- هدف از انجام تحقیق	۳
۱-۳- ساختار پایان‌نامه	۳
فصل دوم: بررسی تحقیقات انجام شده	
۲-۱- مقدمه	۵
۲-۲- دال	۵
۲-۲-۱- انواع دال ها	۶
۲-۲-۲- دال های یک طرفه	۷
۲-۲-۳- دال های دو طرفه	۹
۲-۲-۴- دال های تخت	۱۱
۲-۲-۵- دال های مجوف	۱۲
۲-۳- میلگرد های FRP	۱۴
۲-۳-۱- ساختار میلگردهای FRP	۱۴
۲-۳-۱- مزایا و معایب میلگرد های پلیمری	۱۶
۲-۳-۳ - انواع میلگرد های پلیمری	۱۷
۲-۳-۴- اصول و فرضیات آنالیز تیر های بتنی مسلح با میلگرد های FRP	۱۸
۲-۳-۵- رفتار تیر های بتن مسلح با میلگردهای پلیمری	۱۹
۲-۳-۶- مروری بر تحقیقات گذشته	۲۰
۲-۴- الیاف	۲۵
۲-۵- بتن SCC	۳۲
۲-۵-۱- تعریف بتن خود متراکم	۳۴
۲-۵-۲- طرح اختلاط بتن خود تراکم	۳۵

عنوان	صفحه
۲-۵-۳- مواد تشکیل‌دهنده بتن خود متراکم	۳۶
۲-۵-۳-۱ سیمان	۳۷
۲-۵-۳-۲- پودرهای بسیار ریز و مواد جایگزین سیمان	۳۷
۲-۵-۳-۳- سنگدانه	۳۸
۲-۵-۳-۴ افزودنی‌ها	۳۹
۲-۵-۴- مزایا و معایب بتن خود متراکم	۳۹
۲-۵-۵- مقایسه هزینه بتن خود متراکم و بتن معمولی	۴۰
فصل سوم:جزییات و نحوه انجام آزمایش	
۳-۱- مقدمه	۴۲
۳-۲- طراحی مقاطع	۴۲
۳-۲-۱- تعیین ضخامت دال	۴۳
۳-۳- معرفی مشخصات دال ها	۴۳
۳-۴- خصوصیات مصالح	۴۶
۳-۴-۱- آرماتور	۴۶
۳-۴-۲- بتن	۴۷
۳-۴-۲- ۱- شن	۴۸
۳-۴-۲-۲- ماسه	۴۹
۳-۴-۲-۳- سیمان	۵۱
۳-۴-۲-۴- میکرو سیلیس	۵۱
۲-۴-۲-۵- پودر سنگ آهک	۵۲
۳-۴-۲-۶- فوق روان‌کننده	۵۲
۳-۴- ۲-۷- آب	۵۳
۳-۴-۲-۸- الیاف پلی پروپیلن	۵۳
۳-۵- نحوه اجرای آزمایش	۵۴

عنوان	صفحه
۳-۵-۱- آرماتور بندی،قالب بندی وبتن ریزی دال ها	۵۴
۳-۵-۲ آزمایش دال ها	۵۶
۳-۵- ۳- ابزارهای اندازه گیری	۵۸
فصل چهارم:بررسی و مقایسه نتایج حاصل از آزمایش	
۴-۱- مقدمه	۶۱
۴-۲- رفتار نمونه های آزمایشگاهی و تحلیل نتایج	۶۱
۴-۲-۱- دال های گروهA	۶۱
۴-۲-۲- دال های گروهB	۶۴
۴-۲-۳- دال های گروهC	۶۷
۴-۳- بررسی سختی و تغییر مکان	۶۸
۴-۳-۱- دال های گروهA	۶۸
۴-۳-۲- دال های گروهB	۶۹
۴-۳- ۳-دال های گروهC	۷۰
۴-۳-۴- مقایسه گروه های مختلف با یکدیگر	۷۱
۴-۴- شکل پذیری	۷۴
۴-۵- بررسی الگوی ترک ها	۷۵
۴-۶- سختی خمشی	۷۶
۴-۶-۱- نحوه محاسبه مقادیر اندیسهای سختی	۷۷
۴-۷- بررسی ظرفیت خمشی مقطع و مقایسه آن با روابط آیین نامه	۷۸
فصل پنجم:خلاصه نتایج و پیشنهادات	
۵-۱- مقدمه	۸۲
۵-۲- نتایج کلی آزمایش	۸۲
۵-۳- پیشنهادات	۸۴
منابع و ماخذ	۸۶
پیوست A	۹۰
پیوست B	۱۰۳

فهرست اشکال

عنوان | **صفحه**

شکل (۲-۱): دال یکطرفه ۸

شکل (۲-۲): صفحه مستطیلی با تکیه‌گاه چهارطرفه زیر بار منفرد با و بدون مهار گوشه ۱۱

شکل (۲-۳): نحوه ساخت دال مجوف ۱۳

شکل (۲-۴): انواع دال ها ۱۳

شکل (۲-۵): نمونه هایی از آرماتور های FRP موجود ۱۷

شکل (۲-۶): منحنی تنش کرنش انواع الیاف ۱۸

شکل (۲-۷): نمودار بار تغییر مکان وسط دهانه ۲۸

شکل (۲-۸): نمودار بار – عرض ترک ۲۹

شکل (۳-۱): مشخصات هندسی دال ها و نحوه آرایش میلگرد ها ۴۵

شکل (۳-۲): نمودار دانه بندی شن مصرفی ۴۸

شکل (۳-۳): منحنی دانه‌بندی ماسه مصرفی ۵۰

شکل (۳-۴): نمایی از آرماتور بندی ،قالب بندی و بتن ریزی دال ها ۵۵

شکل (۳-۵): موقعیت دکمه ها در ارتفاع دال ها ۵۷

شکل (۳-۶): سیستم بارگذاری ۵۷

شکل (۳-۷): دستگاه Loadcell برای اعمال بار ۵۸

شکل (۳-۸): دستگاه Datalogger برای ثبت اطلاعات بارگذاری در کامپیوتر ۵۸

شکل (۳-۹) تغییر مکان سنج ۵۹

شکل (۳-۱۰): کرنش‌سنج ۵۹

شکل (۳-۱۱): میکروسکوپ ۶۰

شکل (۴-۱): نحوه ترک خوردگی و گسیختگی دال F.S.1 ۶۲

شکل (۴-۲): نحوه ترک خوردگی و گسیختگی دال F.S.2 ۶۳

شکل (۴-۳): نحوه ترک خوردگی و گسیختگی دال F.S.3 ۶۴

شکل (۴-۴): نحوه ترک خوردگی و گسیختگی دال P.F.S.1 ۶۵

عنوان	صفحه
شکل (۴-۵): نحوه ترک خوردگی و گسیختگی دال P.F.S.2	۶۵
شکل (۴-۶): نحوه ترک خوردگی و گسیختگی دال P.F.S.3	۶۶
شکل (۴-۷): نحوه ترک خوردگی و گسیختگی دال S.S.1	۶۷
شکل (۴-۸): نحوه ترک خوردگی و گسیختگی دال S.S.2	۶۸
شکل (۴-۹): منحنی بار تغییر- مکان دال های گروه A	۶۹
شکل (۴-۱۰): منحنی بار تغییر- مکان دال های گروه B	۷۰
شکل (۴-۱۱): منحنی بار تغییر- مکان دال های گروه C	۷۱
شکل (۴-۱۲): منحنی بار- تغییر مکان دال های دارای ظرفیت خمشی اسمی برابر	۷۲
شکل (۴-۱۳): منحنی بار- تغییر مکان دال های دارای آرماتور برابر	۷۴
شکل (۴-۱۴): منحنی بار- تغییر مکان برای محاسبه سختی خمشی	۷۸
شکل (۴-۱۵): مقایسه بار نهایی آزمایشگاهی و تئوری	۸۱

فهرست جداول

عنوان | **صفحه**

جدول (۲-۱): مقادیر حداقل کل (h) در دال های یک طرفه توپر و سقف تیرچه بلوک ۸

جدول (۲-۲): حداقل درصد میلگرد های حرارتی در دال ها ۹

جدول (۲-۳): سیستم ساخت منطقی بتن خود متراکم ۳۵

جدول (۲-۴): مقایسه هزینه مصالح بتن خود متراکم و بتن معمولی ۴۱

جدول (۲-۵): مقایسه هزینه تولید و اجرای بتن خود تراکم و بتن معمولی ۴۱

جدول (۳-۱): مشخصات دال های آزمایشی ۴۶

جدول (۳-۲): مشخصات میلگردهای مورد استفاده در آزمایش ۴۷

جدول (۳-۳): طرح اختلاط بتن در یک متر مکعب ۴۷

جدول (۳-۴): دانه بندی شن مصرفی ۴۸

جدول (۳-۵): مدول نرمی ماسه مصرفی ۴۹

جدول (۳-۶): ترکیبات شیمیایی سیمان ۵۱

جدول (۳-۷): تجزیه شیمیایی سیمان مازندران تیپ ۲ ۵۱

جدول (۳-۸): آنالیز شیمیایی میکرو سیلیس ۵۲

جدول (۳-۹): ترکیبات شیمیایی پودر سنگ ۵۲

جدول (۳-۱۰): مشخصات فوق روان‌کننده ۵۳

جدول (۳-۱۱): مشخصات الیاف مورد استفاده ۵۴

جدول (۴-۱): میزان خیز در بار سطح سرویس ۷۳

جدول (۴-۲): تعیین درصد افزایش شاخص شکل‌پذیری ۷۵

جدول (۴-۳): تعداد و عرض ترک‌ها ۷۶

جدول (۴-۴): مقادیر اندیس سختی ۷۸

جدول (۴-۵): شیوه گسیختگی و بار شکست نمونه‌های آزمایش شده ۸۰

لیست علائم و اختصارات

ارتفاع بلوک تنش مستطیلی	mm	a
مساحت مؤثر کششی بتن تقسیم بر تعداد میلگردها برحسب میلی‌مترمربع	$(mm)^2$	A
سطح مقطع آرماتور کششی مقطع از جنس FRP	$(mm)^2$	A_f
سطح مقطع آرماتور کششی مقطع از جنس FRP در حالت متعادل	$(mm)^2$	A_{fb}
سطح مقطع آرماتور کششی مقطع از جنس فولاد	$(mm)^2$	A_s
سطح مقطع آرماتور کششی مقطع از جنس فولاد در حالت متعادل	$(mm)^2$	A_{sb}
حداقل آرماتور کششی در مقطع از جنس فولاد	$(mm)^2$	A_{min}
حداقل آرماتور کششی در مقطع از جنس FRP	$(mm)^2$	A_{fmin}
عرض مقطع	mm	b
عرض جان مقطع	mm	b_w
ارتفاع تار خنثی	mm	C
ارتفاع تار خنثی در حالت متعادل	mm	C_b
ضریب کاهش شرایط محیطی	بدون بعد	C_E
عمق موثر مقطع	mm	d
قطر آرماتور FRP	mm	d_b
ضخامت موثر محافظ بتنی که برابر با دورترین تار کششی تا مرکز نزدیک‌ترین میلگرد به آن درنظر گرفته می‌شود	mm	d_c
مدول الاستیسیته آرماتور FRP	Mpa	E_f
مدول الاستیسیته آرماتور فولادی	Mpa	E_s
مقاومت فشاری بتن	Mpa	f'_c
مقاومت کششی آرماتور فولادی	Mpa	f_s
نیروی کششی آرماتور FRP	N	f'_f
مقاومت کششی آرماتور FRP	Mpa	f_{fu}
مقاومت کششی ارائه شده توسط کارخانه سازنده آرماتور FRP	Mpa	f^*_{fu}
مقاومت تسلیم آرماتور فولادی	Mpa	f_y
ممان اینرسی مقطع ترک‌خورده	$(mm)^4$	I_{cr}
ممان اینرسی موثر مقطع	$(mm)^4$	I_e

ممان اینرسی مقطع ترک‌نخورده	I_g	$(mm)^4$
طول مهاری	L_{bf}	mm
مقاومت خمشی اسمی (لنگر اسمی)	M_n	N-mm
مقاومت خمشی اسمی در حالت استفاده از آرماتور FRP	M_{nf}	N-mm
مقاومت خمشی نهایی (مقاومت خمشی مورد نیاز)	M_u	N-mm
لنگر ترک‌خوردگی مقطع	M_{cr}	N-mm
لنگر اعمالی بر مقطع	M_a	N-mm
نسبت مدول الاستیسیته FRP به بتن	n_f	بدون بعد
عرض ترک	w	mm
ضریب چسبندگی و پیوستگی بین بتن و FRP	α_b	بدون بعد
نسبت فاصله دورترین تار کششی از تار خنثی به فاصله مرکز ثقل میلگردهای کششی تا تار خنثی	β	بدون بعد
ضریب تبدیل به بلوک تنش مستطیلی	β_1	بدون بعد
کرنش در دورترین تار فشاری	ε_c	بدون بعد
کرنش حداکثر بتن در دورترین تار فشاری	ε_{cu}	بدون بعد
کرنش در تار کششی بتن هم سطح با آرماتور کششی	ε_t	بدون بعد
کرنش آرماتور FRP	ε_f	بدون بعد
کرنش نهایی آرماتور FRP	ε_{fu}	بدون بعد
درصد آرماتور مقطع	ρ	بدون بعد
درصد آرماتور متعادل مقطع	ρ_b	بدون بعد
درصد آرماتور مقطع در حالت استفاده از FRP	ρ_f	بدون بعد
درصد آرماتور متعادل مقطع در حالت استفاده از آرماتور FRP	ρ_{fb}	بدون بعد
تغییرمکان وسط دهانه درنمونه های FRP	Δ_f	mm
تغییرمکان وسط دهانه درنمونه های فولادی	Δ_s	mm

۱-۱ مقدمه

استفاده از دو ماده بتن و فولاد که به ترتیب دارای مقاومت فشاری مناسب و قابلیت تحمل بالای نیروی کششی هستند به گونه‌ای توسعه یافته است که استفاده از این دو ماده سالیان متمادی است که در مهندسی عمران بسیار متداول گردیده است. اگرچه بتن مسلح شده به فولاد مقاومت خوبی در برابر بارهای استاتیکی ، دینامیکی، آتش‌سوزی و تا حدودی خوردگی از خود نشان می‌دهد ولی حتی ترک‌های مجاز در بتن در مکان‌هایی مانند عرشه پل‌ها، پارکینگ‌ها، سازه‌های دریایی، شمع‌های بتنی و مکان‌های در معرض حملات شیمیایی، باعث خوردگی آرماتورهای فولادی و در نتیجه کاهش عمر مفید سازه می‌گردند. در آمریکا هزینه بازسازی پل‌هایی که در اثر خوردگی فولاد نیاز به تعمیر و جایگزینی داشتند بیش از ۵۰ بیلیون دلار تخمین زده شده است[۱]. لذا محققان در سال‌های اخیر به دنبال راه‌های رفع این مشکل می باشند. از جمله روش‌های حل این معضل می‌توان به قرار دادن پوشش اپوکسی روی میلگردها، حفاظت کاتدی و پوشش گالوانیزه اشاره نمود[۲] که هر کدامشان موفقیت محدودی در رفع مشکل از خود نشان دادند. با پیشرفت صنعت پلیمر در جهان، محققان به فکر استفاده از این مواد در صنعت ساختمان افتاده و در راستای این پیشرفت‌ها سعی بر جایگزینی این مواد با فولاد داشته‌اند

که این امر باعث ورود میلگردهای پلیمری به صنعت ساختمان گردید. میلگردهای پلیمری گزینه مناسب‌تری در مقایسه با سایر مواد بوده و تحقیقات در مورد این میلگردها به عنوان مضالح جدید همچنان ادامه دارد.

در اروپا اولین مورد استفاده از میلگرد های پلیمری به جای فولاد مربوط به ساخت یک پل در آلمان در سال ۱۹۸۶ می‌شود .در ژاپن بیش از ۱۰۰ پروژه تجاری در دهه اخیر با استفاده از میلگردهای FRP (FIBER REINFORCED POLYMER) به بهره‌برداری رسیده‌اند از جمله در ساخت دستگاه MRI در صنایع پزشکی که نیاز به مسلح کننده‌های نارسانا در برابر جریان الکتریسیته داشتند از این نوع میلگرد استفاده شد[3].

FRP ماده‌ای پلیمری است که در انواع مختلف می‌توان آن را تولید نمود و بسته به نوع مواد به کار رفته و روش تولید آن خواص مکانیکی و شیمیایی مختلفی را داراست. از مزایای این نوع میلگردها می‌توان به مقاومت بالا در برابر حملات شیمیایی، مقاومت کششی بالا، نسبت سختی به وزن بالا و مقاومت در برابر خستگی اشاره کرد. با توجه به روند روبه رشد توسعه صنعت در کشورمان که توسعه بنادر نیز یکی از آنهاست لزوم توجه به مسأله خوردگی آرماتور در بتن آرمه در مناطق ساحلی که در اثر ایجاد ترک در درازمدت ایمنی سازه را به خطر می‌اندازند باعث می‌گردد که مطالعات در این خصوص توسعه یابد.

اما در بسیاری از سازه‌هایی که در قسمت قبلی ذکر شد مانند عرشه پل‌ها، شمع‌های بتنی، سازه‌های دریایی، جداره تونل‌ها و ... امکان ویبره کردن بتن و در نتیجه رسیدن به ظرفیت باربری مطلوب وجود ندارد. لذا استفاده از نوع خاصی از بتن به نام بتن خود تراکم(self compact concrete) به جای بتن معمولی در اینگونه سازه ها اجتناب ناپذیر است. بتن خودمتراکم بتنی است که تحت اثر وزن خود و بدون نیاز به لرزاننده در مناطق به هم فشرده شده آرماتورها و قسمت‌های باریک جاری شده، به حباب هوا اجازه خروج داده، از جدا شدن دانه‌ها جلوگیری می‌نماید و پس از سخت شدن از مقاومت بالایی در برابر عوامل محیطی برخوردار می‌باشد. در این تحقیق نیز از بتن خودمتراکم به جای بتن معمولی استفاده شده است.

۱-۲- اهداف تحقیق حاضر

در این تحقیق، رفتار دال‌های بتنی مجوف ساخته شده با بتن SCC و میلگرد FRP در خمش به کمک مدل‌های آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرارگرفته ونتایج حاصله نسبت به رفتار نمونه های مشابه مسلح به میلگردهای فولادی مورد ارزیابی قرار می گیرد. همچنین برای بهبود نقاط ضعف میلگردهای FRP دال‌های مسلح به الیاف پلی‌پروپیلن نیز ساخته شده است.

به همین منظور طبق یک برنامه آزمایشگاهی ۸ نمونه دال بتن آرمه مجوف به ابعاد ۱۵۰×۷۰×۲۰cm ساخته شدند. متغیرهای اصلی در آزمایش نوع و درصد آرماتور کششی می‌باشد. تمامی دال‌ها بر روی تکیه‌گاه ساده قرار گرفته و توسط دو بار متمرکز یکسان به صورت استاتیکی تحت بارگذاری قرار گرفتند و رفتار آنها شامل نمودار بار- تغییرمکان وسط دهانه، محل شروع ترک و نحوه گسترش آنها و بار نهایی شکست مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و در نهایت انطباق نتایج آزمایشگاهی با روابط آیین‌نامه‌ای مورد بحث قرار گرفته شد.

۱-۳- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در ۵ فصل تهیه و تنظیم شده است که به شرح زیر می‌باشند:

فصل اول شامل شناخت کلی موضوع و مقدمه‌ای از آن و همچنین هدف از انجام آن می‌باشد.

فصل دوم به معرفی ویژگی های میلگرد FRP و بتن خودتراکم و معرفی الیاف پلی‌پروپیلن و عملکرد آن می‌پردازد و چند مورد از تحقیقات انجام شده در مورد هر یک را بررسی می کند.

فصل سوم اختصاص به تشریح کار آزمایشگاهی و نحوه انجام آزمایشات دارد و طرح اختلاط مورد استفاده در ساخت نمونه‌ها را تشریح می کند.

در فصل چهارم نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل پنجم شامل نتیجه‌گیری کلی از انجام آزمایشات و همچنین پیشنهاداتی در رابطه با ادامه تحقیقات در محورهای پیرامون همین موضوع می‌باشد.

۲-۱ مقدمه

اکثر تحقیقاتی که تاکنون بر روی رفتار میلگردهای FRP صورت پذیرفته با استفاده از بتن معمولی بوده است. ولی در این تحقیق از بتن خودمتراکم (SCC) بعنوان بتنی از نسل جدید صنعت بتن‌سازی، و به دو صورت مسلح به الیاف و بدون الیاف استفاده شده است. همان‌طور که در ادامه همین فصل مشاهده خواهد شد اکثر تحقیقات، در نتایج خود به عدم شکل‌پذیری میلگردهای FRP اشاره کرده‌اند اما راهکاری در زمینه رفع آن ارائه نداده‌اند. لذا در این تحقیق به بررسی استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن بعنوان یکی از راه‌های بهبود این مشکل پرداخته می‌شود.

در این فصل ابتدا به معرفی انواع دال‌ها و عملکردشان پرداخته می‌شود. سپس معرفی و مروری بر تحقیقات انجام گرفته در زمینه میلگردهای FRP، بتن SCC و همچنین بتن‌های تقویت شده با الیاف پلی‌پروپیلن صورت می‌پذیرد.

۲-۲- دال

امروزه متداول‌ترین نوع پوشش کف در سازه‌های بتنی دال‌ها می‌باشند که نه تنها نقش نگهداری بارهای قائم و انتقال آنها به تکیه‌گاه‌ها را به عهده دارند بلکه در اغلب موارد همراه و یکپارچه با سایر اجزای سازه، سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی را نیز بوجود می‌آورند.

دال‌ها، قطعات بتن آرمه‌ای هستند که طول و عرض آنها در مقایسه با ضخامتشان بزرگ بوده و در امتداد عمود بر میان صفحه خود، بارگذاری می‌شوند. استفاده از این قطعات منشوری، همزمان با ابداع بتن آرمه و کاربرد آنها در ساختمان‌ها آغاز شده و طرح و محاسبه آنها همواره یکی از مشکلات طراحان بوده است[5].

۲-۲-۱ انواع دال‌ها

در یک تقسیم‌بندی کلی از نظر باربری می‌توان دال‌های بتن آرمه را به دو دسته دال‌های یک‌طرفه (One- way slabs) و دال‌های دوطرفه (Two- way slabs) تقسیم نمود.

در مواقعی که دال تنها در یک راستا دارای تکیه‌گاه باشد و یا طول دهانه بزرگتر آن بیش از ۲ برابر طول دهانه کوچکتر باشد این دال عملاً یک‌طرفه خواهد بود و عملکردی مشابه یک تیر بسیار عریض خواهد داشت. علاوه بر این می‌توان به کف‌های ساخته شده از تیرچه نیز اشاره کرد که در هنگام انتقال بار، تغییرشکل این دال‌ها بیشتر به صورت انحنا در یک جهت خواهد بود. در حالاتی غیر از موارد فوق، دال دوطرفه به حساب می‌آید. انتقال بار به صورت دوطرفه باعث می‌شود که از میزان لنگر در یک جهت خاص کاسته شود و در نتیجه به طراحی عضوی ظریف‌تر با میزان آرماتور کمتر منتهی شود.

دال‌ها را همچنین می‌توان براساس وجود یا عدم وجود تیر در آنها تقسیم‌بندی کرد. دال‌های با تیر یا دال‌های تیر- ستونی، از بهترین سیستم‌ها برای پوشش دهانه‌های بزرگ به حساب می‌آیند که می‌توانند در مقابل بارهای جانبی نیز به خوبی مقاومت کنند. در مقابل این دال‌ها، دال‌های تخت می‌باشند که در سیستم باربری آنها از تیر استفاده نمی‌شود و دال به طور مستقیم به ستون متصل می‌شود.

در دال‌های بتن آرمه همچنین می‌توان از سیستم‌های پیش‌تنیدگی نیز استفاده نمود. با استفاده از تاندون‌هایی که قبل یا بعد از بتن‌ریزی در دال قرار می‌گیرند، نیروهای داخل صفحه‌ای مضاعفی به بتن دال اعمال نموده و