پردیس بین المللی ارس

گروه عمران سازه

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

عنوان :

بررسی روشهای افزایش مقاومت نمونه های کامپوزیتی در برابر برخورد گلوله

استاد راهنما

دکتر کریم بادامچی

استاد مشاور

دکتر مسعود حسین زاده اصل

پژوهشگر

ابومیثم ملایی

بهمن ۱۳۹۳

نام خانوادگی دانشجو: ملایی	نام: ابومیثم
عنوان پایان نامه: بررسی روشهای افزایش مقاومت نمونه های کامپوزیتی در برابر برخورد گلوله	
استاد راهنما: دکتر کریم بادامچی	استاد مشاور: دکتر مسعود حسین زاده اصل
مقطع تحصیلی: ارشد **رشته**: عمران **گرایش**: سازه **دانشگاه**: تبریز	
دانشکده: عمران تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن ۱۳۹۳ تعداد صفحه:۱۰۸	
کلید واژه ها: برخورد گلوله، بتن معمولی (OC)، بتن با مقاومت بالا (HSC)، بتن پودری واکنش پذیر (RPC)، الیاف ، مش فولادی، پشت بند فولادی ، کامپوزیت	

چکیده : نظر به اهمیت و کاربرد روز افزون بتن در بخشهای مختلف سازه ای و غیرسازه ای ساختمان ، تلاش در جهت بهبود کیفیت خواص مکانیکی آن ضروری به نظر میرسد. یکی از مصالحی که در سازه های محافظ و مقاوم در برابر پرتابه ها از جمله گلوله بکار می رود بتن کامپوزیتی می باشد. بتن های نسل جدید مثل بتن پودری واکنش پذیرRPC ، بتن با مقاومت بالا HSC و بتن مسلح به الیاف FRC هر کدام از جنبه های مختلف مقاومت فشاری ، سختی و جذب انرژی پیشرفتهای شگرفی را شاهد بودند. در این تحقیق اثر افزودن الیاف مختلف ، ترکیب الیاف فولادی با برآده فولاد، استفاده از مش فولادی در داخل بتن و پشت بند فولادی در بتنهای معمولی ، مقاومت بسیار بالا و پودری واکنش پذیر به منظور افزایش قابلیت جذب انرژی بتن ، بهبود شکست و کاهش عمق نفوذ گلوله درحین ضربه مورد بررسی آزمایشگاهی و میدانی قرار گرفته است . نمونه دالهای بتنی کامپوزیتی جمعاً به تعداد ۳۲ عدد با ابعاد (۸ ×۴۰ ×۴۰) سانتیمتر ساخته شده و تحت آتش مستقیم گلوله اسلحه ژ در فاصله ۸۰۰ سانتیمتر قرار گرفته اند. در هر گروه بتنن ۲ عدد نمونه کنترل وجود دارد که در مجموع تعداد نمونه های کنترل به ۶ عدد می رسد. از تعداد ۲۶ نمونه کامپوزیتی باقیمانده ، در گروه بتن کامپوزیتی RPC (۲ نمونه مربوط به ترکیب RPC با الیاف فولادی ،۲ نمونه مربوط به ترکیب RPCبا الیاف پلیمری ،۲ نمونه مربوط به ترکیب RPC با مخلوط الیاف فولادی و برآده های فولاد ،۲ نمونه مربوط به ترکیب RPC با مش فولادی و۲ نمونه مربوط به ترکیب RPC با پشت بند فولادی) جمعاً به تعداد ۱۰ نمونه می باشد . در گروه بتن با مقاومت بالای کامپوزیتی HSC (۲ نمونه مربوط به

ترکیب بتن با مقاومت بالا با الیاف فولادی ،۲ نمونه مربوط به ترکیب بتن با مقاومت بالا با الیاف پلیمری ، ۲ نمونه مربوط به ترکیب بتن با مقاومت بالا با مش فولادی و ۲ نمونه مربوط به ترکیب بتن با مقاومت بالا با پشت بند فولادی) جمعاً به تعداد ۸ نمونه می باشد . درگروه بتن کامپوزیتی معمولیOC (۲ نمونه مربوط به ترکیب بتن معمولی با الیاف فولادی ،۲ نمونه مربوط به ترکیب یتن معمولی با الیاف پلیمری ، ۲ نمونه مربوط به ترکیب بتن با مش فولادی و۲ نمونه مربوط به ترکیب بتن معمولی با پشت بند فولادی) جمعاً به تعداد ۸ عدد می باشد.

نتایج بدست آمده از آزمایشات نشان می دهد که با استفاده از الیاف فولادی ، پلی پروپیلن و ترکیب الیاف فولادی با برآده های فولادی تاثیر بسزایی درافزایش مقاومت کششی و خمشی بتن داشته و در نتیجه باعث کاهش عمق نفوذ و خرابی سطح آسیب دیده در اثر برخورد گلوله می گردد. همچنین با قرار دادن مش فولادی در نزدیکی سطح عقب نمونه ها ، و استفاده از شبکه پشت بند فولادی مقاومت کششی و خمشی نمونه ها افزایش یافته و در نتیجه عمق نفوذ ، میزان خرابی کاهش و مد شکست بهبود یافته است . همچنین افزایش مقاومت فشاری بتن های مختلف بدون استفاده از مواد کامپوزیتی تاثیری کمی در کاهش عمق نفوذ دارد.

فهرست مطالب

فصل اول: پایه های نظری و پیشینه تحقیق درعملکرد سازه های بتنی در برابر پرتابه ها..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۱

۱-۲ آشنایی با بتن های ویژه..... ۱

۱-۲-۱- بتن الیافی..... ۱

۱-۲-۱-۱- مشخصات بتن الیافی..... ۲

۱-۲-۱-۲- کاربرد بتن الیافی در عصر حاضر..... ۴

۱-۲-۱-۳- محدودیت های کاربرد بتن الیافی..... ۵

۱-۲-۱-۴- مزایای بتن الیاف در مقایسه با بتن معمولی..... ۵

۱-۲-۱-۵- نحوه انتخاب الیاف..... ۶

۱-۲-۱-۶- تاثیر الیاف بر مشخصات مکانیکی بتن..... ۷

۱-۲-۱-۷- نسبت ظاهری..... ۹

۱-۲-۱-۸- انواع مختلف الیاف و خواص آنها..... ۹

۱-۲-۱-۸-۱- الیاف گیاهی یا طبیعی..... ۱۱

۱-۲-۱-۸-۲- الیاف مصنوعی..... ۱۱

۱-۲-۱-۹- الیاف فولادی..... ۱۲

۱-۲-۱-۱۰- خواص الیاف فولادی..... ۱۶

۱-۲-۱-۱۱- پروژه های اجرا شده با بتن الیافی.....۱۶ ۱-۲-۱-۱۱-۱-
ساختمانی در Destin فلوریدا ۱۷
۱-۲-۱-۱۱-۲- جداول شهری و آبروی یکپارچه در آمریکا.....۱۷ ۱-۲-۱-۱۱-۳-
کانال آب اجرا شده برای بازیهای المپیک سیدنی استرالیا.....۱۸
۱-۲-۱-۱۱-۴- کانال آب در آریزونا.....۱۸
۱-۲-۱-۱۱-۵- کانال زهکشی Bankstown استرالیا.....۱۹
1-۲-۱-۱۱-۶- ساختمان سه طبقه اداری (Brandon فلوریدا) ۱۹
۱-۲-۱-۱۱-۷- جاده ای در (Springfield ماساچوست).....۲۰
۱-۲-۲- بتن با مقاومت بالا.....۲۰
۱-۲-۲-۱- مشخصات بتن با مقاومت بالا.....۲۱
۱-۲-۲-۲- مواد تشکیل دهنده بتن با مقاومت بالا.....۲۲
۱-۲-۲-۳- چند پروژه مطرح که در ساخت آنها از بتن با مقاومت ۱۰۰ مگاپاسکال استفاده
شده است.....۲۲
۱-۲-۲-۳-۱- پل confederation کانادا.....۲۲
۱-۲-۲-۳-۲- برج های w-comfort توکیو.....۲۳
۱-۲-۲-۳-۳- آسمان خراش trianon فرانکفورت.....۲۴
۱-۲-۳- بتن پودری واکنش پذیر.....۲۴
۱-۲-۳-۱- مشخصات بتن پودری واکنش پذیر.....۲۵
۱-۲-۳-۲- مدول الاستیسیته و ضریب پواسون.....۲۶
۱-۲-۳-۳- تفاوت مشخصات مکانیکی بتن پودری واکنش‌پذیر و بتن با مقاومت بالا.....۲۷
۱-۲-۳-۴- مواد تشکیل دهنده بتن پودری واکنش‌پذیر.....۲۸
۱-۲-۳-۵- پروژه های اجرا شده با بتن پودری واکنش‌پذیر.....۲۸
۱-۲-۳-۵-۱- پل Sherbrooke (Quebec، کانادا).....۲۸

۱-۲-۳-۵-۲- پل عابرگذرSeonyu در سئول (کره جنوبی)..... ۳۱
۱-۲-۳-۵-۳- ایستگاه سیستم حمل و نقل ریل سبکShawnessy، کانادا.....۳۲
۱-۲-۳-۵-۴- پل Shepherds Creek، استرالیا.....۳۳
3-1- عملکرد سازه های بتنی در برابر پرتابه ها.....۳۳
۱-۳-۱- بار ضربه ای ناشی از برخورد پرتابه.....۳۴
۱-۳-۲- تفاوت بارهای دینامیکی و استاتیک.....۳۸
۱-۳-۳- تفاوت بارهای ناشی از برخورد پرتابه و انفجار با بار ناشی از زلزله.....۳۸
۱-۳-۴- اثر سرعت اعمال بار و نرخ کرنش بر رفتار مصالح.....۴۲
۱-۴ - مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه برخورد پرتابه ها درسازه های بتنی.....۴۶
۱-۴-۱- مطالعات آزمایشگاهی Saadatmanesh و Tang در سال ۲۰۰۳ در خصوص اثر مقاوم
سازی با الیاف های مختلف در رفتار دینامیکی تیرهای بتن آرمه.....٤٦
۱-۴-۲- مطالعات Wang « و همکاران » در سال ۱۹۹۶ در خصوص رفتار تیرهای با بتن الیافی در
برابر بار ناشی از برخورد پرتابه.....۵۰
۱-۴-۳ - مطالعات Tukanori Senga، Kaozunori Fujikake و همکاران بر روی پاسخ ضربه ای تیر بتنی پودری
واکنش پذیر و مدل تحلیلی آن.....۵۳
۱-۴-۳-۱- آزمایش بارگذاری ضربه ای.....۵۳
۱-۴-۳-۲- آزمایش ظرفیت باربری باقی مانده.....۵۴
۱-۴-۳-۳- مدهای شکست.....۵۴
۱-۴-۳-۴- نتایج.....۵۵
۱-۴-۴- **مطالعه Piti Sukontasukkul** « و همکاران » در سال ۲۰۱۳ در خصوص مقاومت
پانل های بتنی دولایه ساخته شده از لاستیکی و الیاف فولادی در برابر گلوله.....۵۶
۱-۴-۴-۱- بحث و نتیجه گیری.....۵۸

۱-۴-۴- مطالعه مسعودی و همکارانش در سال ۱۳۹۰ در خصوص بررسی خواص دینامیکی
دو نوع مختلف از بتن های سبک ۵۹
فصل دوم: مصالح مصرفی ، گروه بندی ، طرح اختالط های مورد استفاده و آزمایشات..... ۶۱
۲- ۱- مقدمه..... ۶۱
۲-۲- برنامه آزمایشگاهی ۶۱
۲-۳- مشخصات مصالح مصرفی ۶۲
۲-۳-۱- ماسه ۶۲
۲-۳-۲- درشت دانه..... ۶۳
۲-۳-۳ - ماسه سیلیسی..... ۶۴
۲-۳-۴- پودر سیلیس..... ۶۶
۲-۳-۵- سیمان..... ۶۶
۲-۳-۶- میکروسیلیس..... ۶۸
۲-۳-۷- فوق روان کننده..... ۶۹
۲-۳-۸- آب..... ۷۰
۲-۳-۹- الیاف..... ۷۰
۲-۳-۱۰- پشت بند فولادی مشبک..... ۷۱
۲-۳-۱۱- مش فولادی..... ۷۲
۲-۳-۱۲- براده های فولادی..... ۷۳
۲-۳-۱۳- پرتابه..... ۷۳
۲-۴-گروه بندی نمونه های ساخته شده..... ۷۳
۲-۴-۱- گروه بتن پودری واکنش‌پذیر **(RPC)**..... ۷۳
۲-۴-۲- گروه بتن با مقاومت بالا (HSC)..... ۷۴
۲-۴-۳- گروه بتن معمولی (OC)..... ۷۴
۲-۵ - طرح اختلاط..... ۷۴

۲-۵-۱- مقدمه..... ۷۴
۲-۵-۲-طرح حای اختلاط..... ۷۵
۲-۵-۳- اندرکنش فوق‌روان‌کننده با سیمان و میکروسیلیس..... ۵۱
۲-۶-نحوه اختلاط..... ۷۶
۲-۶-۱- اختلاط در گروه بتن پودری واکنش پذیر..... ۷۶
۲-۶-۲-اختلاط در گروه بتن با مقومت بالا..... ۷۷
۳-۶-۳- اختلاط در گروه بتن معمولی..... ۷۷
۲-۷- عمل آوری..... ۷۷
۲-۸- آزمایشهای انجام گرفته..... ۷۸
۱-۸-۱- آزمایش مقاومت فشاری..... ۷۸
۲-۸-۲- آزمایش میدانی نفوذ گلوله اسلحه ژ ۳ در نمونه های بتنی وکامپوزیتی..... ۷۹
فصل سوم: نتایج آزمایشگاهی و تفسیر آنها..... ۸۰
۳-۱- مقدمه..... ۸۰
۳-۲- نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه های بتنی و کامپوزیتی..... ۸۰
۳-۲-۱- نتایج حاصل ازآزمایش مقاومت فشاری..... ۸۰
۳-۲-۲- نتایج حاصل از آزمایشات میدانی برخورد گلوله در آزمونه ها..... ۸۱
۳-۳- بحث در نتایج..... ۸۷
۳-۳-۱- عمق نفوذ..... ۸۷
۳-۳-۱-۱- تأثیر استفاده از الیاف فولادی ، پلیمری ، ترکیب الیاف فولادی و براده فولادی در میزان عمق نفوذ پرتابه در نمونه گروههای کامپوزیت..... ۸۹
۳-۳-۱-۲- تأثیر استفاده از پشت بند فولادی درمیزان عمق نفوذ پرتابه در نمونه گروههای کامپوزیت..... ۹۰
۳-۳-۱-۳- تاثیر استفاده از مش فولادی در میزان عمق نفوذ پرتابه در نمونه گروههای کامپوزیت..... ۹۱

۳-۳-۲- قطر سطح آسیب دیده.....۹۱

۳-۳-۲-۱- اثر استفاده از الیاف فولادی ، پلیمری ، ترکیب الیاف فولادی و براده فولاد ، پشت بند و مش فولادی در میزان آسیب سطح جلو ی نمونه گروههای کامپوزیت.....۹۲

۲-۳-۲-۲- اثر استفاده از الیاف فولادی ، پلیمری ، ترکیب الیاف فولادی و براده فولاد ، پشت بند و مش فولادی در میزان آسیب سطح عقب نمونه گروههای کامپوزیت.....۹۵

۳-۳-۳- تأثیر مقاومت فشاری نمونه های بتن کامپوزیت در میزان عمق ۹۹

۳-۳-۳-۱- تأثیر مقاومت فشاری در میزان عمق نفوذ گلوله در نمونه های بتن کامپوزیت هر گروه نسبت به نمونه کنترل آن گروه.....۹۹

۳-۳-۳-۲- تأثیر مقاومت فشاری در میزان عمق نفوذ درسه گروه نمونه های بتن کامپوزیت.....۹۹

۳-۳-۳-۲-۱- تأثیر مقاومت فشاری درمیزان عمق نفوذ در نمونه های بتن کامپوزیت با الیاف فولادی.....۱۰۰

۳-۳-۳-۲-۲- تاثیر مقاومت فشاری درمیزان عمق نفوذ در نمونه های بتن کامپوزیت با الیاف پلی پروپیلن.....۱۰۱

۳-۳-۳-۲-۳- تاثیر مقاومت فشاری درمیزان عمق نفوذ در نمونه های بتن کامپوزیت با پشت بند فولادی.....۱۰۱

۳-۳-۳-۲-۴- تاثیر مقاومت فشاری درمیزان عمق نفوذ در نمونه های بتن کامپوزیت با مش فولادی ۱۰۱

۳-۳- ۴- مدهای خرابی در اثر برخورد پرتابه با نمونه های کامپوزیت.....۱۰۲

فصل چهارم: نتیجه گیری.....۱۰۴

فصل پنجم: مراجع و منابع.....۱۰۸

فهرست جداول

جدول (۱-۱) : مشخصات انواع الیاف برحسب نوع..... ۱۰

جدول (۱-۲): شکل و مقطع الیاف فلزی موجود در بازار..... ۱۳

جدول (۱-۳): متوسط مشخصات انواع الیاف..... ۱۵

جدول (۱-۴): مقایسه مشخصات مکانیکی بتن پودری واکنش پذیر و بتن با مقاومت بالا..... ۲۸

جدول (۱-۵): نتایج آزمایش سایبان‌های LRT..... ۳۳

جدول (۱-۶): مشخصات مکانیکی الیاف برای مقاوم سازی..... ۴۶

جدول (۱-۷): مشخصات الیاف فولادی..... ۵۶

جدول (۱-۸): مشخصات خرده لاستیک و ریزدانه..... ۵۷

جدول (۱-۹): مشخصات پانل های بتنی..... ۵۷

جدول (۱-۱۰): نتایج آزمایش برخورد گلوله..... ۶۰

جدول (۲-۱): مشخصات ماسه معدنی شرکت ماسه شویی سرام تبریز اصلاح شده با الک ۴نمره..... ۶۲

جدول (۲-۲): دانه بندی ماسه معدنی شرکت ماسه شویی سرام تبریز اصلاح شده از الک نمره۴..... ۶۳

جدول (۲-۳): مشخصات شن - نخودی شرکت سرام..... ۶۳

جدول (۲-۴): دانه بندی شن - نخودی شرکت سرام تبریز..... ۶۴

جدول (۲-۵): مشخصات ماسه سیلیس معدن بابک شهر..... ۶۴

جدول (۲-۶): دانه بندی ماسه سیلیس معدن بابک شهر..... ۶۵

جدول (۲-۷): ترکیبات شیمیایی پودر سیلیس ۶۶

جدول(۲-۸): دانه بندی پودر سیلیس به روش هیدرومتری ۶۶

جدول(۲-۹): ترکیبات شیمیایی سیمان مصرفی ۶۷

جدول(۲-۱۰): مشخصات مکانیکی سیمان مصرفی..... ۶۸

جدول(۲-۱۱): مشخصات میکروسیلیس مصرفی ۶۸
جدول(۲-۱۲): ترکیبات شیمیایی میکروسیلس شرکت فروسیلیس سمنان ۶۹
جدول(۲-۱۳): مشخصات فوق‌روان‌کننده ۶۹
جدول(۲-۱۴): مشخصات ابعادی الیاف فولادی ۷۰
جدول(۲-۱۵): مشخصات مقاومتی الیاف فولادی ۷۰
جدول(۲-۱۶): مشخصات الیاف پروپیلن ۷۱
جدول(۲-۱۷): مشخصات مکانیکی مش فولادی ۷۳
جدول(۲-۱۸): مشخصات پرتابه اسلحه ژ ۷۳
جدول(۲-۱۹): نام های اختصاری مصالح استفاده شده ۷۵
جدول(۲-۲۰): طرح اختلاط های مربوط به سه گروه نمونه های کامپوزیتی ۷۶
جدول(۳-۱): نتایج آزمایش‌های تعیین مقاومت فشاری ۸۱
جدول(۳-۲): نتایج آزمایشات نفوذ گلوله در نمونه ها ۸۲

فهرست اشکال

شکل (۱-۱): تاثیر الیاف در جلوگیری از ترد شکنی..... ۳

شکل (۱-۲): نمودار رفتار مقاومت خمشی- تغییرشکل بتن وملات بدون الیاف ومسلح به الیاف فولادی..... ۸

شکل (۱-۳): نحوه عمل الیاف در دوختن ترک ها..... ۸

شکل (۱-۴): انواع الیاف فولادی..... ۱۳

شکل (۱-۵): ساختمان مسکونی لوکسدر Destin فلوریدا..... ۱۷

شکل (۱-۶): اجرای جداول شهری و آبروی یکپارچه با بتن الیافی..... ۱۷

شکل (۱-۷): کانال آب اجرا شده با بتن الیافی در سیدنی..... ۱۸

شکل (۱-۸): کانال آب اجرا شده با بتن الیافی در آریزونا..... ۱۸

شکل (۱-۹): استفاده از بتن الیافی در اجرای کانال زهکشی در استرالیا..... ۱۹

شکل (۱-۱۰): جایگزینی الیاف فولادی با آرماتور حرارتی..... ۱۹

شکل (۱-۱۱): نمایی از جاده با روسازه بتن الیافی در **Springfield ماساچوست** ۲۰

شکل (۱-۱۲): پل confederation کانادا..... ۲۳

شکل (۱-۱۳): برج های w-comfort توکیو..... ۲۳

شکل (۱-۱۴): آسمان خراش trianon فرانکفورت..... ۲۴

شکل (۱-۱۵): بتن پودری واکنش‌پذیر تازه مخلوط شده..... ۲۵

شکل (۱-۱۶): نمایی از پل Sherbrooke..... ۲۹

شکل (۱-۱۷): مقطعی از خرپای پل..... ۳۰

شکل (۱-۱۸): مقایسه منحنی‌های تنش-کرنش برای انواع بتن‌ها. نمودارها تاثیر الیاف و محصور شدگی را بر بتن پودری نشان می دهند..... ۳۱

شکل (۱-۱۹): پل Seonyu بر روی رودخانه Han، سئول، کره جنوبی..... ۳۱
شکل (۱-۲۰): ایستگاه عبور ریل سبک Calgary ،Shawnessy، کانادا..... ۳۲
شکل (۱-۲۱): پل Shepherds Creek، در ۱۵۰ کیلومتری شمالی از سیدنی، استرالیا..... ۳۳
شکل (۱-۲۲): برج های دوقلوی مرکز تجارت جهانی (نیویورک آمریکا)..... ۳۴
شکل (۱-۲۳): برج مرکز تجاری شانگهای، مقاوم در برابر خرابی پیش رونده (چین)..... ۳۴
شکل (۱-۲۴): برخورد تانکر نفت با پایه پل..... ۳۵
شکل (۱-۲۵): برخورد کامیون با عرشه پل..... ۳۵
شکل (۱-۲۶): منحنی بار- زمان برخورد پاندول با دال بتنی..... ۳۶
شکل (۱-۲۷): تغییر شکل پرتابه در اثر برخورد..... ۳۶
شکل (۱-۲۸): مدهای خرابی به وجود آمده در اثر برخورد پرتابه با اعضای بتن آرمه..... ۳۷
شکل (۱-۲۹): مقایسه بارگذاری های مختلف از نظر نرخ کرنش..... ۳۸
شکل (۱-۳۰): نحوه اثر گذاری بار زلزله بر سازه..... ۳۹
شکل (۱-۳۱): نحوه اثر گذاری بار ناشی از انفجار و برخورد پرتابه..... ۳۹
شکل (۱-۳۲): طراحی به صورت ستون قوی و تیر ضعیف برای بار زلزله..... ۴۰
شکل (۱-۳۳): طراحی تیرهای قوی برای باز توزیع نیروهای ثقلی..... ۴۱
شکل (۱-۳۴): نقش دیافراگم ها در انتقال بار به سیستم باربرقایم..... ۴۱
شکل (۱-۳۵): افزایش مقاومت کششی دینامیکی بتن با افزایش نرخ کرنش..... ۴۳
شکل (۱-۳۶): منحنی های تنش-کرنش کششی بتن در نرخ کرنش های مختلف..... ۴۳
شکل (۱-۳۷): افزایش مقاومت فشاری دینامیکی بتن با افزایش نرخ کرنش..... ۴۴
شکل (۱-۳۸): منحنی های تنش- کرنش فشاری بتن در نرخ کرنش های مختلف..... ۴۴
شکل (۱-۳۹): تغییرات مدول الاستیسیته بتن نسبت به نرخ کرنش..... ۴۵

شکل (۱-۴۰): ابعاد تیر و جزئیات آرماتورگذاری و مقاوم سازی تیرها..... ۴۶
شکل (۱-۴۱): واکنش تکیه گاهی تیر TB1 در اثر برخورد وزنه از اتفاع های مختلف..... ۴۷
شکل (۱-۴۲): واکنش تکیه گاهی تیر TB2 در اثر برخورد وزنه از اتفاع های مختلف..... ۴۷
شکل (۱-۴۳): مقایسه واکنش تکیه گاهی تیرهای TB1، TB2 و TB5..... ۴۸
شکل (۱-۴۴): واکنش تکیه گاهی تیر TB3 در اثر برخورد وزنه به صورت پی در پی..... ۴۸
شکل (۱-۴۵): واکنش تکیه گاهی تیر TB4 در اثر برخورد وزنه به صورت پی در پی..... ۴۹
شکل (۱-۴۶): نوع الیاف: (a) پلی پروپلین، (b) فلزی قلابدار، (c) فلزی موج دار..... ۵۰
شکل (۱-۴۷): مقایسه منحنی های بار- تغییرشکل بتن با الیاف پلی پروپلین و بتن غیر مسلح..... ۵۱
شکل (۱-۴۸): مقایسه منحنی های بار- تغییرشکل بتن با الیاف فلزی قلاب دار و بتن غیر مسلح..... ۵۱
شکل (۱-۴۹): انرژی جذب شده توسط تیر برای درصدهای مختلف الیاف..... ۵۲
شکل (۱-۵۰): مقایسه منحنی های بار- تغییرشکل بتن با الیاف فلزی قلاب دار و الیاف فلزی موج دار..... ۵۲
شکل (۱-۵۱): دیتیل مقطع تیر RPC..... ۵۳
شکل (۱-۵۲): دستگاه آزمایش ضربه چکش افتان..... ۵۴
شکل (۱-۵۳): مدهای شکست تحت بارگذاری ضربه ای..... ۵۵
شکل (۱-۵۴): تکیه گاه فولادی نگهدارنده نمونه ها..... ۵۷
شکل (۱-۵۵): نمودار شتاب - زمان در صفحات بتنی تک لایه در اثر برخورد گلوله..... ۵۸
شکل (۱-۵۶): نمودار شتاب - زمان در صفحات بتنی تک لایه و دو لایه در اثر برخورد گلوله..... ۵۹
شکل (۲-۱): قوطی مشبک شده فولادی جهت پشت بند..... ۷۱
شکل (۲-۲): مش فولادی..... ۷۲
شکل (۲-۳): جزئیات قرار گیری مش فولادی در بتن..... ۷۲
شکل (۲-۴): نمونه تحت بارگذاری در دستگاه فشاری..... ۷۹

شکل (۲-۵): قاب فولادی نگهدارنده نمونه.....۷۹
شکل (۳-۱): نتایج آزمایش نفوذ گلوله بر روی نمونه های ساخته شده در گروه بتن معمولی.....۸۳
شکل (۳-۲): نتایج آزمایش نفوذ گلوله بر روی نمونه های ساخته شده در گروه بتن پودری واکنش - پذیر.....۸۴
شکل (۳-۳): نتایج آزمایش نفوذ گلوله بر روی نمونه های ساخته شده در گروه بتن با مقاومت بالا.....۸۶
شکل (۳-۴): مراحل نفوذ گلوله در دیوار بتن.....۸۷
شکل (۳-۵): الف: تاثیراستفاده از مواد مختلف در میزان عمق نفوذ پرتابه در نمونه های کامپوزیتی.....۸۸
شکل (۳-۵): ب: تاثیراستفاده از مواد مختلف در میزان عمق نفوذ پرتابه در نمونه های کامپوزیتی.....۸۸
شکل (۳-۶): الف: تاثیراستفاده از مواد مختلف در میزان آسیب سطح جلو ی نمونه گروههای کامپوزیتی..۹۲
شکل (۳-۶): ب: تاثیراستفاده از مواد مختلف در میزان آسیب سطح جلو ی نمونه گروههای کامپوزیتی..۹۳
شکل (۳-۷): الف: تاثیراستفاده از مواد مختلف در میزان آسیب سطح عقب نمونه گروههای کامپوزیتی...۹۶
شکل (۳-۷): ب: تاثیراستفاده از مواد مختلف در میزان آسیب سطح عقب نمونه گروههای کامپوزیتی.....۹۶
شکل (۳-۸): تأثیر مقاومت فشاری نمونه های کامپوزیتی در میزان نفوذ گلوله.....۹۹

فهرست روابط

رابطه (۱-۱): ماکزیمم تنش قابل تحمل الیاف..... ۶

رابطه (۱-۲): رابطه مدول الاستیسته و مقاومت فشاری در بتن ۲۷

رابطه (۳-۱): محاسبه میانگین قطرسوراخ ناحیه آسیب دیده (D_{eq}) ۸۲

رابطه (۳-۲): رابطه مقاومت کششی و مقاومت فشاری بتن..... ۱۰۲

رابطه (۳-۳): رابطه مقاومت برشی و مقاومت فشاری بتن..... ۱۰

مقدمه

به طور کلی، بتن یک ماده ترد و شکننده است و هنگامی که تحت بارگذاری ضربه قرار می گیرد شکست آن بصورت ناگهانی و ترد خواهد بود. قطعات بتنی در جهت های مختلف پرتاب شده و موجب ایجاد خسارتهای مالی و جانی می شود ، لذا دیواره های بتنی اولاً باید از نفوذ گلوله جلوگیری و ثانیاً تعداد و سرعت پرتاب قطعات بتن کنده شده از دیوار را به حداقل برساند. در سال های اخیر به علت اوضاع کنونی جهان و بروز جنگ های متعدد و افزایش حملات تروریستی توجه عمومی به ایمنی سازه های مهندسی در برابر بارهای غیرمتعارف نظیر انفجار و برخورد پرتابه ، افزایش پیدا کرده است. بارهای غیرمتعارف علاوه بر موارد فوق می توانند شامل بارهای ناشی از برخورد وسایل نقلیه با پایه پل ها ، ریزش کوه بر روی پل ها ، پرتابه های حاصل از طوفان و سونامی و موارد مشابه نیز باشند که می توانند سازه و اجزاء سازه را تحت تاثیر خود قرار دهند. سازه های خاص نظیر نیروگاه های هسته ای در مناطقی ساخته می شوند که از سازه های اطراف و خطوط حمل و نقل فاصله دارند. وجود فاصله یکی از مهم ترین عوامل کاهش خطر ناشی از بارهای دینامیکی با نرخ کرنش بالا[1] نظیر انفجار می باشد ، در حالیکه در مورد سازه های متعارف تجاری و مسکونی و همچنین پل ها امکان ایجاد چنین فواصلی وجود ندارد. بنابراین بررسی رفتار اعضای سازه ای مختلف (تیر، ستون و دال) در برابر چنین بارهایی از اهمیت خاصی برخوردار است. در تمامی بارهای غیرمتعارف مذکور به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم ، پرتابه هایی حاصل شده و عمده خرابی به وجود آمده در سازه، در نتیجه برخورد این پرتابه ها می باشد. به عنوان مثال در اثر انفجار بمب، تراشه های حاصل از انفجار محفظه بمب و نیز برخورد جبهه هوای پرفشار با اجسام پیرامونی موجب به وجود آمدن پرتابه هایی با سرعت و انرژی های مختلف می شود. امروزه به علت عوامل متعدد مانند تغییر آیین نامه های بارگذاری، تغییر کاربری، آسیب دیدگی و یا عدم اجرای مناسب نیاز به ارزیابی ، بازنگری و طراحی مجدد سازه های موجود وجود دارد تا در صورت لزوم این سازه ها مقاوم سازی شوند.

[1] Strain Rate

بر اساس تئوری برخورد (ضربه) الگوهای خرابی در اثر برخورد پرتابه ها درحالت کلی به ۵ دسته تقسیم می شود. ۱- شکست یا ترک های خمشی ۲- خرابی ناشی از موج تنشی اسکبینگ (Scabbing) ۳ – خرابی ناشی از موج تنشی اسپلینگ یا (Spalling) ۴- نفوذ (penetrating) ۵- سوراخ کردن کامل (perforation). زمانی که یک پرتابه به ورق بتنی برخورد می کند ، تنش گذرایی بوجود می آورد که در ناحیه برخورد منتشر می شود . مولفه برشی پالس تنش گذرا باعث می شود یک گسیختگی مخروطی که از نقطه برخورد آغاز می شود ، در وجه جلویی ورق هدف شکل گیرد ، که به این پدیده اسکبینگ یا پوسته پوسته شدن می گویند. پالس تنش فشاری زمانی که به وجه پشتی ورق هدف می رسد ، منعکس می شود و به موج کششی تبدیل می شود که به این پدیده اسپلینگ یا ورقه ورقه شدن می گویند. شکل گیری پدیده اسپلینگ مد دوم در سطح عقب ورق هدف پس از سوراخ کردن نمونه به شدت موج تنشی و چقرمگی هدف بستگی دارد . موج تنشی همچنین از طریق انفجار ماده منفجره در مقابل یک وجه هدف ایجاد می شود [۱].

به طورکلی آزمایشات نفوذ گلوله را می توان به دو گروه تقسیم بندی کرد. گروه اول ، آزمایشهای نفوذ در حالتی که در آن عمق نفوذ کمتر از ضخامت دیوار بوده و به آن در اصطلاح نفوذ در محیط نیمه بی نهایت گفته می شود. گروه دوم حالتی است که در آن گلوله قادر است دیوار را سوراخ کرده و پس از گذر از آن با سرعت خاصی به مسیر خود ادامه دهد[۲]

روند این مطالعه نفوذ در محیط نیمه بی نهایت می باشد . در این تحقیق پانل های کامپوزیتی ضد گلوله به ابعاد (۸ ×۴۰ ×۴۰) سانتیمتر ساخته شده از بتن معمولی ، بتن های ویژه (بتن با مقاومت بالا – بتن پودری واکنش پذیر) تقویت شده با الیاف فولادی ، پلی پروپیلن ، ترکیب الیاف فولادی و براده های فولادی ، مش فولادی و استفاده از قوطی های ساخته شده بصورت مشبک به عنوان پشت یند به منظور افزایش قابلیت جذب انرژی بتن ، بهبود شکنندگی و کاهش عمق نفوذ گلوله درحین ضربه پیشنهاد شده است . به منظور بررسی افزایش مقاومت نمونه های کامپوزیتی در برابر نفوذ گلوله و همچنین جهت معرفی آنها به صنعت ساختمان و به خصوص در زمینه نظامی ابتدا اقدام به ساخت نمونه های کامپوزیت بتن معمولی، پودری واکنش پذیر و بتن با مقاومت بالا بصورت آزمایشگاهی کرده و پس از انجام آزمایش مقاومت فشاری ، آزمایشات برخورد گلوله بر روی نمونه های ذکر شده بصورت میدانی انجام شده است. این نمونه ها در قالب یک دال (۸×۴۰×۴۰) سانتی متر بوده و تحت آزمایش نفوذ گلوله اسلحه ژ ۳ از فاصله ۸۰۰ سانتیمتر قرار گرفته اند و پاسخ هر کدام از نمونه ها که منجر به شکست ، ترک ، میزان نفوذ گلوله در آن و

میزان سطح تخریب در جلو و عقب نمونه می شود با اشکال و رسم نمودار مورد تفسیر و مقایسه قرار می گیرند. اهداف پروژه را می توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- جایگاه بتن معمولی ، بتن پودری واکنش پذیر و بتن با مقاومت بالا در بحث پاسخ در برابر برخورد گلوله
- نقش مش فولادی در بتن های معمولی ، پودری واکنش پذیر و مقاومت بالا در برابر برخورد و نفوذ گلوله
- نقش پشت بند فولادی در بتن های معمولی ، پودری واکنش پذیر و مقاومت بالا در برابر برخورد و نفوذ گلوله
- درک اهمیت به کار گیری الیاف و ترکیب الیاف فولادی و براده های فولادی در بتن های معمولی ، پودری واکنش پذیر و مقاومت بالا در برابر برخورد و نفوذ گلوله
- معرفی نمونه های کامپوزیتی ضد گلوله به صنعت به عنوان بتنی کامپوزیتی کارآمد برای بارگذاری های ضربه

در فصل اول این تحقیق توضیحاتی در رابطه با پایه های نظری و پیشینه پژوهش در مورد عملکرد سازه های بتنی در برابر پرتابه ها داده شده است و در فصل دوم این تحقیق به مواد مورد استفاده و روشهای انجام تحقیق اشاره شده است . در فصل سوم نتایج حاصل از انجام آزمایشات مقاومت فشاری و آزمایشات میدانی برخورد گلوله در نمونه ها ثبت و تفسیر این نتایج در این فصل بحث شده است . در فصل چهارم نتیجه گیری حاصل از انجام این تحقیق و پیشنهاد های لازم ارائه گردیده است.درفصل پنجم این تحقیق مراجع ومنابع مورد استفاده شده ذکر گردیده است .