

بررسی مشخصات مکانیکی بتن غلتکی حاوی سنگدانه‌های بازیافتی و خرده لاستیک

احسان زارع ۱ محمد مهدی جباری ۲

۱- کارشناسی ارشد سازه عمران، سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز ایران

۲- گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، ایران (عهده دار مکاتبات)

ehssan.zarre@gmail.com

mmjabbari@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد سنگدانه‌های بازیافتی طرح اختلاط‌های مختلف از جمله نمونه بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با درصد‌های ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ خرده لاستیک ۳-۱ و ۵-۳ میلی متر جایگزین ماسه و همچنین نمونه بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه ۸-۵ میلی متر جایگزین جایگزین سنگدانه و با بتن شاهد مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش که برای بررسی استفاده شد مقاومت فشاری می باشد. نتایج آزمایش حاصل نشان می دهد که با جایگزین کردن خرده لاستیک با ابعاد ۳-۱، ۵-۳، ۸-۵ افزایش درصد خرده لاستیک به بتن، مقاومت فشاری آن کاهش یافت.

واژه های کلیدی: سنگدانه های بازیافتی، بتن غلتکی، بتن شاهد، درصد خرده لاستیک

1. مقدمه

امروزه مصرف بتن روز به روز در کارهای مختلف ساختمانی افزایش می یابد و لزوم شناخت بیشتر مصالح تشکیل دهنده بتن همراه با تکنولوژی ساخت، در تمام جوامع مهندسی پذیرفته شده است. بتن غلتکی نوعی از بتن سیمان پرتلند است که از اختلاط مصالح سنگی درشت و ریز، سیمان و آب به مقدار کم ساخته شده و با اسلامپ نزدیک به صفر توسط فینیشر مخصوص آسفالت پخش شده و توسط غلتک‌های ارتعاشی متراکم می‌شود. بتن غلتکی دارای کاربردهای متعددی از جمله در سدسازی و روسازی راه‌ها و پارکینگ‌ها و کف‌های صنعتی است. با توجه به محدود بودن منابع طبیعی و لزوم حفظ و نگهداری محیط زیست و همچنین گسترش استفاده از روسازی‌های بتنی به عنوان روسازی بسیاری از راه‌ها، در این پژوهش از فراورده‌های حاصل از بازیافت تایرهای فرسوده، به صورت خرده لاستیک در بتن غلتکی، برای بررسی دوام آن، استفاده شده است. در این پژوهش از خرده لاستیک، در بتن استفاده شده است و پارامتر مقاومتی _ مکانیکی بتن اندازه گیری شده است.

2. مروری بر مطالعات انجام شده توسط پژوهشگران

تاها و همکاران درصد‌های مختلفی از لاستیک‌های ۵ تا ۲۰ میلی متر را به بتن افزودند. در این تحقیق با جایگزینی ۱۰۰ درصد حجمی درشت دانه‌های سنگی با لاستیک، مقاومت فشاری به میزان ۷۵ درصد کاهش یافت. آن‌ها اثر اساسی دانه‌های لاستیک بر روی مقاومت فشاری بتن را، مربوط به تغییر شکل و اندازه ناحیه انتقال از کنار دانه‌های سازه‌های سنگی به نزدیک دانه‌های لاستیکی دانستند.

الیوارس و همکاران در سال ۲۰۰۲ با جایگزینی ۳/۵ و ۵ درصد حجمی لاستیک بازیافتی در یک ماتریس سیمان، دیدند که افزودن این میزان لاستیک اثر چندانی بر روی مقاومت فشاری و همچنین الاستیسیته ندارد و تحقیقات نشان می‌دهند که اگر دانه‌های لاستیکی سطح خشن تری داشته باشند یا پیش عمل‌آوری روی آن‌ها انجام شود، چسبندگی بهتری بین آن‌ها با مخلوط بتنی ایجاد می‌شود و بنابراین ممکن است منجر به ایجاد مقاومت فشاری بالاتری شود. پیش عمل‌آوری می‌تواند از راه شستن دانه‌های لاستیکی با آب یا اسید یا غیره باشد. خالو و همکاران، ۲۰ و ۳۰ درصد خرده لاستیک را جایگزین ماسه کردند مقاومت فشاری بتن ۳۸ مگا پاسکال به ۱۶ و ۸ مگا پاسکال کاهش یافت.

3. مواد و روش ها

سیمان

در این تحقیق از سیمان تیپ ۲ فیروزآباد استفاده شده است. علت استفاده از این نوع سیمان مقایسه مقاومت مخلوط تهیه شده با این نوع برای مناطق گرم و خشک بسیار مناسب است. این موضوع به علت گرمای هیدراسیون کمتر این سیمان نسبت به دیگر سیمان ها می باشد. از این سیمان جهت جلوگیری از ترک خوردگی و بالا بردن ایمنی و امنیت سازه ها در مناطق گرم و خشک استفاده می شود و در برابر سولفات و کلر مقاوم است. به همین دلیل برای استفاده در سازه های زهکشی شده بسیار مناسب است. این موضوع باعث بالا رفتن ایمنی سازه می شود.

سنگدانه ها

سنگدانه ها در بتن معمولاً حدود ۷۰ درصد از حجم بتن را تشکیل می دهند و بسیاری از ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی بتن به سنگدانه ها ارتباط دارد. از این رو نقش سنگدانه ها در بتن از نقطه نظر ویژگی ها، طرح اختلاط و مسائل اقتصادی حائز اهمیت می باشد و یکی دیگر از علت های اصلی آن واکنش شیمیایی با سیمان و تشکیل ماده یکنواخت و با مقاومت زیاد است. سنگدانه های بزرگتر از ۴,۷۵ میلی متر را سنگدانه درشت یا شن، و سنگدانه های ریزتر از ۴,۷۵ میلی متر را سنگدانه ریز یا ماسه می گویند. طبق تعریف، بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه عبارتند از اندازه کوچکترین الکی که حداکثر ۱۰ درصد وزنی سنگدانه بر روی آن باقی بماند. به طور کلی، ویژگی های سنگدانه های مصرفی در بتن باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲ مطابقت داشته باشد. محدودیت بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه های درشت نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیشتر باشد.

سنگدانه های طبیعی

سنگدانه های درشت را از لحاظ چگالی بسته بندی، حداکثر اندازه، درجه بندی، شکل ذره و وزن مخصوص و سنگدانه های ریز را از لحاظ کانی شناسی، مدول ریز بودن، چگالی بسته بندی و شکل ذره می توان بررسی نمود.

سنگدانه های بازیافتی

سنگدانه های بازیافتی بتن را معمولاً می توان هم به عنوان جایگزین بخشی از ریزدانه یا درشت دانه و هم جایگزین کل ریزدانه یا درشت دانه یا هر دو کرد. سنگدانه های ناشی از بازیابی بتن عمدتاً جذب آب بالاتر و مقاومت کمتری نسبت به سنگ دانه های طبیعی دارند چرا که مقاومت ملات چسبیده از مقاومت سنگدانه کمتر می باشد از طرفی ملات موجود در روی سنگ دانه های بازیافتی به سبب تخلخل بیشتر نسبت به سنگ دانه، دارای جذب آب بیشتری می باشد.

دانه بندی سنگدانه ها

مطابق جدول ۱ و ۲ درصد عبوری الک ریز دانه و درشت دانه می باشد.

خرده لاستیک

خرده لاستیک به صورت حجمی در ترکیب به میزان درصد وزنی سیمان، در ابعاد یک تا سه، سه تا پنج و پنج تا هشت میلی متر جایگزین مصالح سنگی مورد استفاده قرار می گیرند. در این پژوهش با استفاده از دستگاه لاستیک خرد کن نمونه های لاستیک در ابعاد متفاوت مورد آزمایش قرار گرفته است.

جدول 2: درصد عبوری الک درشت دانه

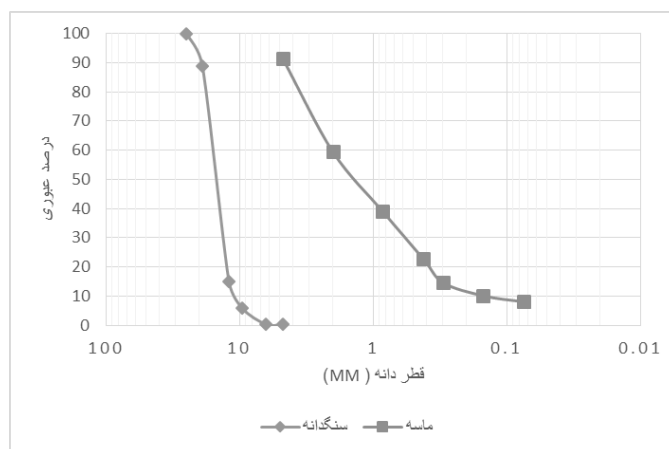
شماره الک	درصد عبوری
۲۵	۱۰۰
۱۹	۸۹
۱۲	۱۵

جدول 1: درصد عبوری الک ریز دانه

شماره الک	درصد عبوری
۴/۷۵	۹۱/۴
۲	۵۹/۴۲
۰/۸۵	۳۹/۰۶

۹/۵	۵/۷۶
۶/۳۵	۰/۳۶
۴/۷۵	۰/۲۱

۰/۴۲	۲۲/۶۶
۰/۳	۱۴/۶۱
۰/۱۵	۱۰/۱۱
۰/۰۷۵	۸/۰۴



شکل 1: درصد عبوری الک درشت دانه و ریز دانه

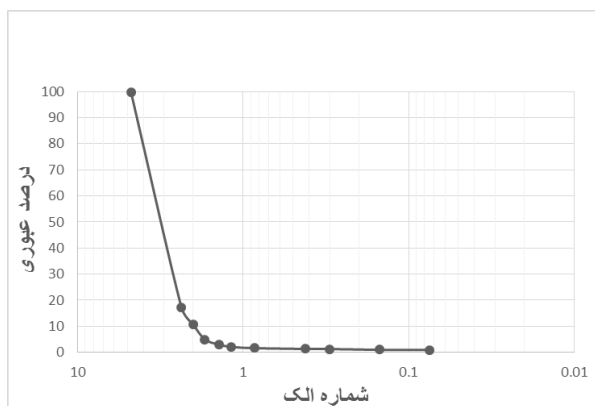
دانه بندی خرده لاستیک

جدول 3: دانه بندی خرده لاستیک ۱-۳ میلی متر

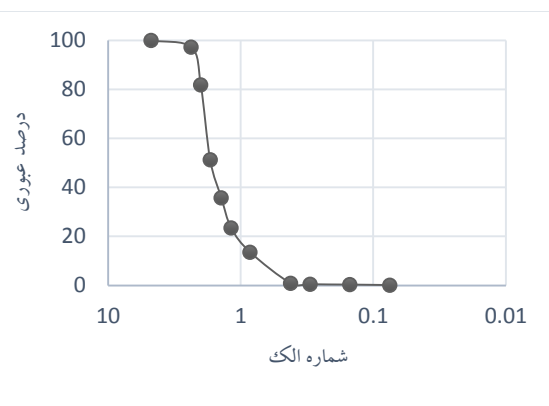
شماره الک	درصد عبوری
۴/۷۵	۱۰۰
۲/۳۶	۹۷/۲۵
۲	۸۱/۸۵
۱/۷	۵۱/۲۵
۱/۴	۳۵/۷۵
۱/۱۸	۲۳/۴۵
۰/۸۵	۱۳/۵۵
۰/۴۲	۰/۸۵
۰/۳	۰/۴۵
۰/۱۵	۰/۳
۰/۰۷۵	۰/۱

جدول 4: دانه بندی خرده لاستیک ۳-۵ میلی متر

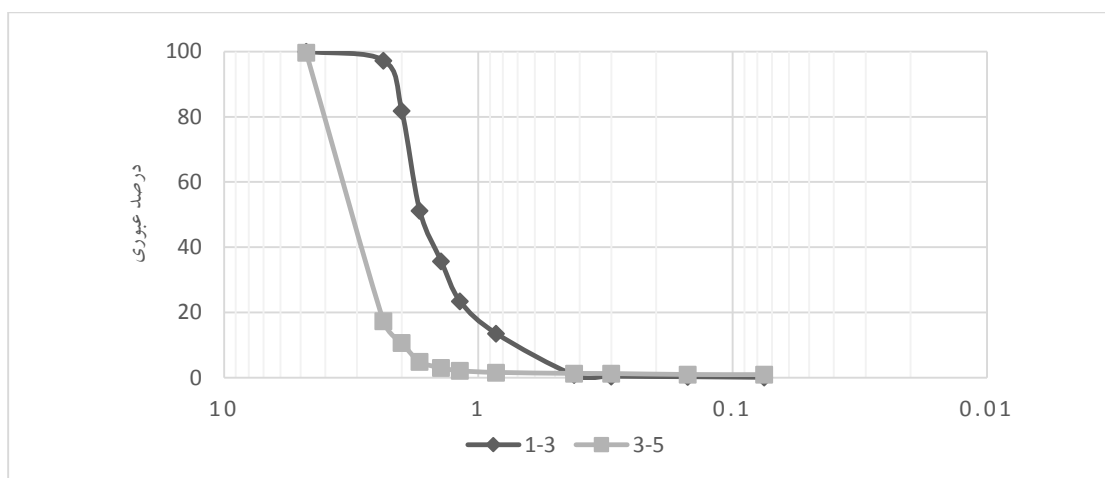
شماره الک	درصد عبوری
۴/۷۵	۹۹/۶۶
۲/۳۶	۱۷/۳۶
۲	۱۰/۶۶
۱/۷	۴/۹۶
۱/۴	۳/۰۳
۱/۱۸	۲/۱۳
۰/۸۵	۱/۶۳
۰/۴۲	۱/۳۳
۰/۳	۱/۲۹
۰/۱۵	۰/۹۹
۰/۰۷۵	۰/۹۶



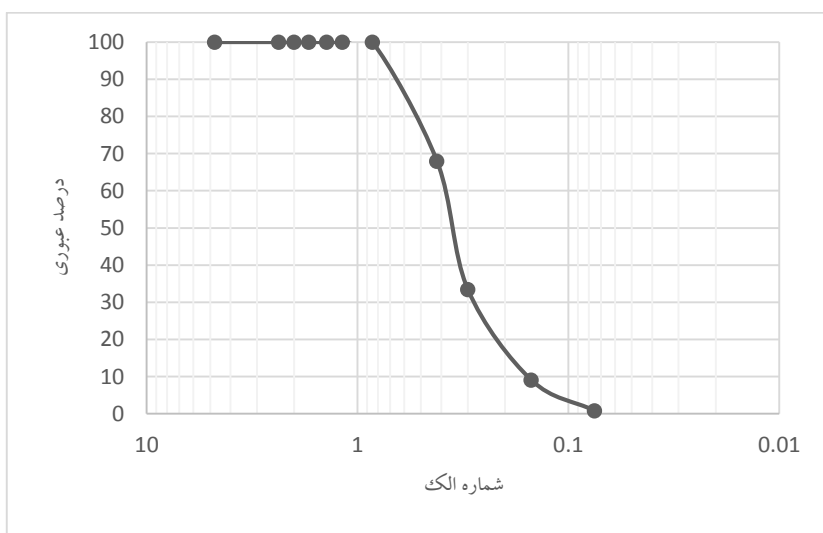
شکل 3: دانه بندی خرده لاستیک ۵-۳ میلی متر



شکل 2: دانه بندی خرده لاستیک ۳-۱ میلی متر



شکل 4: دانه بندی خرده لاستیک ۱-۳ و ۳-۵ میلی متر



شکل 5: دانه بندی خرده لاستیک ۸-۵ میلی متر

جدول 5: دانه بندی خرده لاستیک ۸-۵ میلی متر

شماره الک	درصد عبوری
۴/۷۵	۱۰۰
۲/۳۶	۱۰۰
۲	۱۰۰
۱/۷	۱۰۰
۱/۴	۱۰۰
۱/۱۸	۱۰۰
۰/۸۵	۹۹/۹۵
۰/۴۲	۶۷/۹۵
۰/۳	۳۳/۴۵
۰/۱۵	۹/۰۵
۰/۰۷۵	۰/۸

4. روش های انجام آزمایش

در ابتدا نمونه شاهد بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک نمونه بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی بدون خرده لاستیک را و در حالت دیگری با ثابت نگه داشتن سنگدانه های بازیافتی جایگزین درشت دانه و خرده لاستیک به صورت حجمی در ترکیب به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی سیمان، در ابعاد یک تا سه میلی متر، سه تا پنج میلی متر و هشت میلی متر جایگزین مصالح سنگی مورد استفاده قرار می گیرند

طرح اختلاط

طرح اختلاط هایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند مطابق آزمایش انجام گرفته در آزمایشگاه در ابتدا تنها مقایسه نمونه شاهد بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک و نمونه بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی بدون خرده لاستیک بوده طرح اختلاط های مختلف برای به دست آوردن بهترین w/c طی جداول ارائه داده شده است.

جدول 6: طرح اختلاط های مختلف برای به دست آوردن بهترین w/c

ابعاد خرده لاستیک	درصد خرده لاستیک	نمونه	ردیف
...	...	بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک (SH)	۱
...	...	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی بدون خرده لاستیک (SH b)	۲
۱-۳	۵٪ جایگزین ماسه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb1-5)	۳
۱-۳	۱۰٪ جایگزین ماسه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb1-10)	۴
۱-۳	۱۵٪ جایگزین ماسه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb1-15)	۵
۳-۵	۵٪ جایگزین ماسه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb2-5)	۶
۳-۵	۱۰٪ جایگزین ماسه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb2-10)	۷
۳-۵	۱۵٪ جایگزین ماسه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb2-15)	۸
۵-۸	۵٪ جایگزین سنگدانه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb3-5)	۹
۵-۸	۱۰٪ جایگزین سنگدانه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb3-10)	۱۰
۵-۸	۱۵٪ جایگزین سنگدانه	بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی (SHb3-15)	۱۱

طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک

مطابق جدول زیر طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک می باشد.

جدول 7: طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک

مقاومت فشاری ۲۸ روزه (kg/cm^2)	اسلامپ (mm)	سنگدانه (kg)	ماسه (kg)	سیمان (kg)	آب (kg)	w/c	عنوان نمونه	ردیف
۳۷۲/۵	۰	۱۲/۶۶	۱۸/۹۹	۷/۶۳	۲/۹۲	۰/۳۸	SH1	۱
۳۸۸/۷	۳	۱۲/۶۶	۱۸/۹۹	۷/۶۳	۲/۷۶	۰/۳۶	SH2	۲
۴۰۰	۶	۱۲/۶۶	۱۸/۹۹	۷/۶۳	۳/۰۵	۰/۴	SH3	۳
۴۰۸/۸	۹	۱۲/۶۶	۱۸/۹۹	۷/۶۳	۳/۴۳	۰/۴۵	SH4	۴

طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی بدون خرده لاستیک

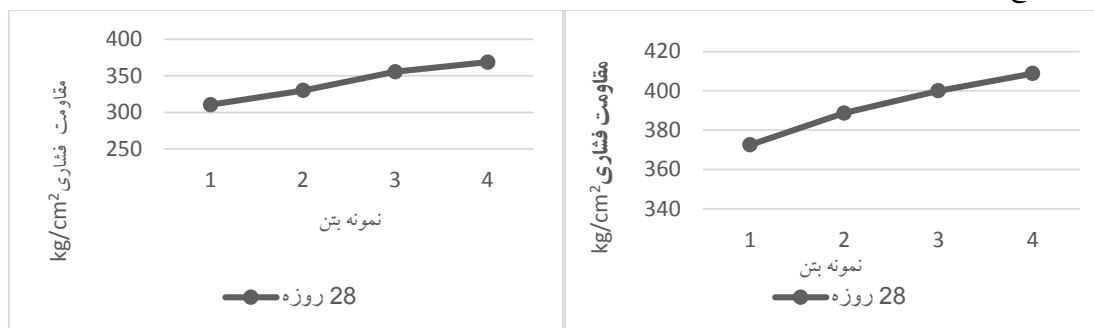
مطابق جدول زیر طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک می باشد.

جدول 8: طرح اختلاط با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی بدون خرده لاستیک

مقاومت فشاری ۲۸ روزه (kg/cm^2)	اسلامپ (mm)	سنگدانه (kg)	ماسه (kg)	سیمان (kg)	آب (kg)	w/c	عنوان نمونه	ردیف
------------------------------------	-------------	------------------	---------------	----------------	-------------	-------	-------------	------

۱	SHb1	۰/۳۸	۲/۹۲	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۲/۶۶	۰	۳۱۰/۵
۲	SHb2	۰/۳۵	۲/۶۷	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۲/۶۶	۰	۳۳۰
۳	SHb3	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۲/۶۶	۰	۳۵۵/۵
۴	SHb4	۰/۴۵	۳/۴۳	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۲/۶۶	۸	۳۶۸/۶

مطابق نمودار زیر طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک و نمونه ۲۸ روزه می باشد.



شکل 6: بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی بدون خرده لاستیک شکل 7: بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی بدون خرده لاستیک

طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با خرده لاستیک ۱-۳ میلی متر جایگزین ماسه

مطابق جدول زیر طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی با خرده لاستیک ۱-۳ میلی متر جایگزین ماسه می باشد.

جدول 9: طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با خرده لاستیک 1-3 میلی متر جایگزین ماسه

ردیف	عنوان نمونه	درصد خرده لاستیک	ابعاد خرده لاستیک (mm)	W/C	آب (kg)	سیمان (kg)	ماسه (kg)	سنگدانه بازیافتی (kg)	اسلامپ (mm)
۱	SHb	۰	۰	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۲/۶۶	۰
۲	SHb1-5	۵	۱-۳	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۶۰۹	۱۲/۶۶	۳
۳	SHb1-10	۱۰	۱-۳	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۲۲۷	۱۲/۶۶	۷
۴	SHb1-15	۱۵	۱-۳	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۷۴۵	۱۲/۶۶	۹

طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با خرده لاستیک ۳-۵ میلی متر جایگزین ماسه

مطابق جدول زیر طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی با خرده لاستیک ۳-۵ میلی متر جایگزین ماسه می باشد.

جدول 10: طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با خرده لاستیک 3-5 میلی متر جایگزین ماسه

ردیف	عنوان نمونه	درصد خرده لاستیک	ابعاد خرده لاستیک (mm)	W/C	آب (kg)	سیمان (kg)	ماسه (kg)	سنگدانه بازیافتی (kg)	اسلامپ (mm)
۱	SHb	۰	۰	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۲/۶۶	۰
۲	SHb2-5	۵	۳-۵	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۶۰۹	۱۲/۶۶	۰
۳	SHb2-10	۱۰	۳-۵	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۲۲۷	۱۲/۶۶	۲
۴	SHb2-15	۱۵	۳-۵	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۷۴۵	۱۲/۶۶	۴

طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با خرده لاستیک ۵-۸ میلی متر جایگزین ماسه

مطابق جدول زیر طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه و سنگدانه طبیعی با خرده لاستیک ۵-۸ میلی متر جایگزین ماسه می باشد.

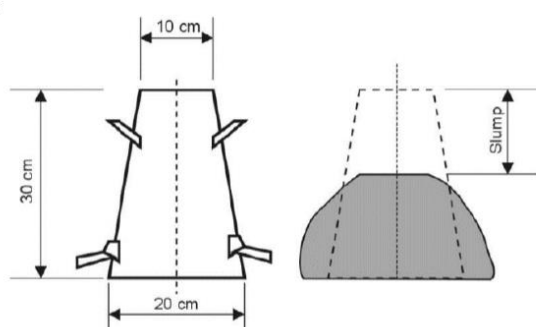
جدول 11: طرح اختلاط بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با خرده لاستیک ۸-۵ میلی متر جایگزین ماسه

ردیف	عنوان نمونه	درصد خرده لاستیک	ابعاد خرده لاستیک (mm)	W/C	آب (kg)	سیمان (kg)	ماسه (kg)	سنگدانه بازیافتی (kg)	اسلامپ (mm)
۱	SHb	۰	۰	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۲/۶۶	۰
۲	SHb3-5	۵	۵-۸	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۲/۰۲۷	۱۰
۳	SHb3-10	۱۰	۵-۸	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۱/۳۹۴	۱۵
۴	SHb3-15	۱۵	۵-۸	۰/۴	۳/۰۵	۷/۶۳	۱۸/۹۹	۱۰/۷۶۱	۲۰

آزمایش بتن تازه

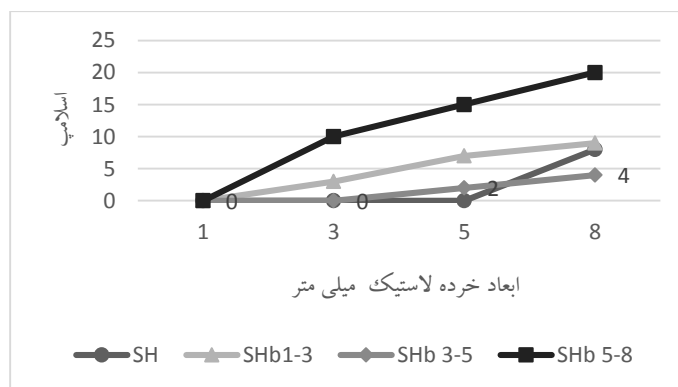
اسلامپ

به منظور تعیین روانی بتن تازه از روش استاندارد ASTM C-143 استفاده شد. در این روش مخروط ناقص با بتن طی سه مرحله پر شد و در هر مرحله ۲۵ ضربه با میله تخم‌ماق متر اکم گردید. سپس مخروط ناقص به آهستگی و در ۳ ثانیه برداشته شد. فاصله بین وضعیت اولیه و وضعیت تغییر شکل یافته بتن در مرکز سطح بالایی آن اندازه گیری شده و به عنوان اسلامپ بتن گزارش شد که به صورت شکل در زیر نمایش داده شده است.



شکل 12: اندازه گیری اسلامپ بتن تازه

شکل 13: ابعاد مخروط اسلامپ و نمایش چگونگی اندازه گیری اسلامپ



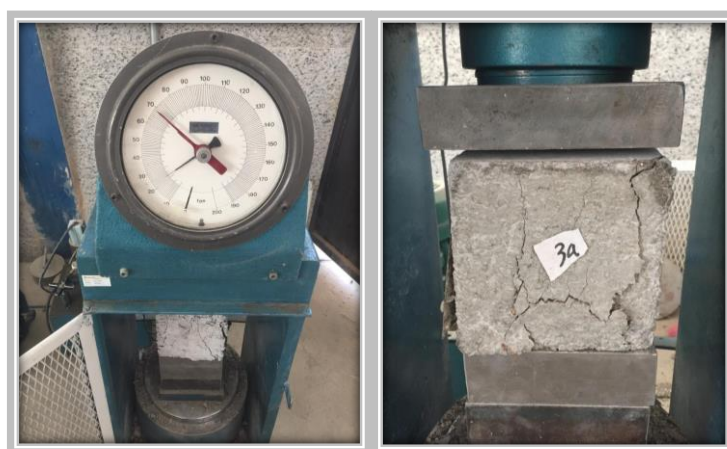
شکل 14: نتایج اسلامپ

آزمایش مقاومت فشاری

در این تحقیق استاندارد ASTM C39 با آزمون‌های مکعبی ۱۵*۱۵*۱۵ و سن ۷ و ۲۸ روز برای تعیین مقاومت فشاری بتن استفاده شده است. پس از بیرون آوردن نمونه‌ها از قالب آن‌ها را جهت عمل آوری به حوضچه آب منتقل می‌کنند و پس گذشت ۷ و ۲۸ روز از حوضچه خارج کرده و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها با استفاده از دستگاه نیروی قابل تحمل هر نمونه را اندازه گیری می‌کنند. برای اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه‌ها از دستگاه کالیبره شده آزمایشگاه دانشگاه استفاده شده است. دستگاه مورد استفاده نیروها را بر حسب تن نشان می‌دهد که با استفاده از رابطه زیر مقاومت نمونه‌ها محاسبه می‌شود.

$$P = F/A \quad (1)$$

در رابطه بالا P تنش بر حسب Kg/cm^2 و F نیروی تحمل شده توسط نمونه و ارائه شده توسط دستگاه بر حسب kg و A سطح مقطع نمونه بر حسب cm^2 است.



شکل ۱۵: نمونه آزمایش شده مقاوت فشاری شکل ۱۶: دستگاه اندازه گیری مقاومت فشاری

۵. نتایج آزمایش مقاومت فشاری

در این فصل نتایج آزمایش‌های مختلفی که در راستای دستیابی به اهداف این تحقیق انجام شد ارائه گردیده و هر طرح اختلاط ساخته شده از نظر آزمایشات بتن تازه و آزمایش‌های مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۳-۱ میلی متر

مطابق جدول زیر مقاومت نمونه بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با ۵٪ خرده لاستیک ۳-۱ میلی متر جایگزین ماسه می‌باشد.

جدول ۱۲: مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۳-۱ میلی متر

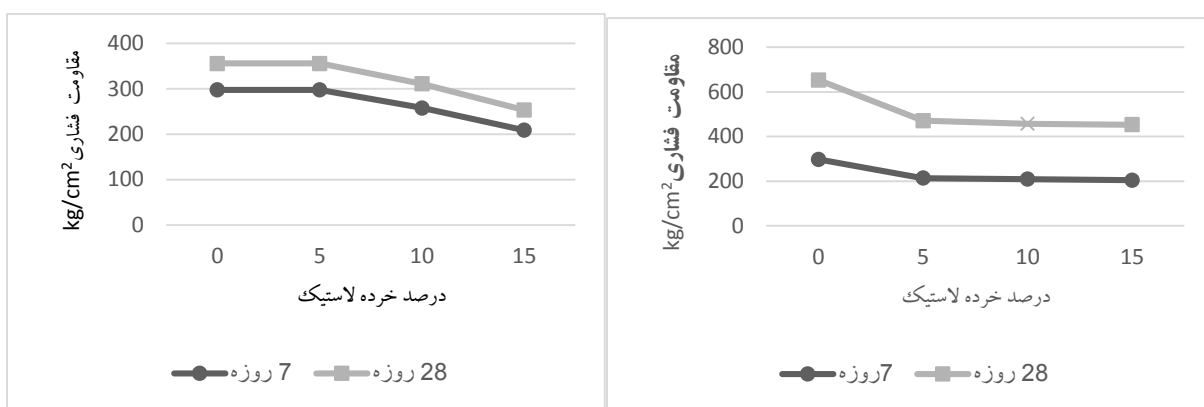
عنوان نمونه	درصد خرده لاستیک	۷ روزه Kg/cm^2	۲۸ روزه Kg/cm^2
SHb	۰	۲۹۷/۷	۳۵۵/۵
SHb1-5	۵	۲۱۳/۳	۲۵۷/۷
SHb1-10	۱۰	۲۰۸/۵	۲۴۸/۸
SHb1-15	۱۵	۲۰۴/۵	۲۴۸/۸

مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۳-۵ میلی متر

مطابق جدول زیر مقاومت نمونه بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با ۱۰٪ خرده لاستیک ۳-۵ میلی متر جایگزین ماسه می باشد.

جدول 13: مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۳-۵ میلی متر

عنوان نمونه	درصد خرده لاستیک	۷ روزه Kg/cm ²	۲۸ روزه Kg/cm ²
SHb	۰	۲۹۷/۷	۳۵۵/۵
SHb2-5	۵	۲۹۷/۷	۳۵۵/۵
SHb2-10	۱۰	۲۵۷/۷	۳۱۱/۱
SHb2-15	۱۵	۲۰۸/۸	۲۵۳/۳



شکل 18: مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۳-۵ میلی متر

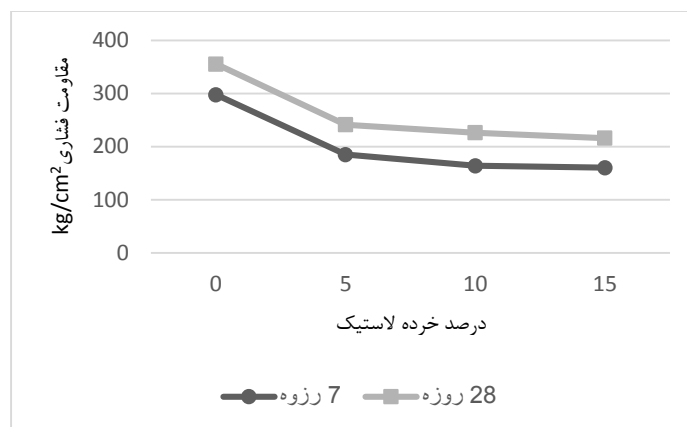
شکل 17: مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۳-۵ میلی متر

مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۵-۸ میلی متر

مطابق جدول زیر مقاومت نمونه بتن غلتکی با ماسه طبیعی و سنگدانه بازیافتی با ۱۵٪ خرده لاستیک ۵-۸ میلی متر جایگزین ماسه می باشد.

جدول 14: مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۵-۸ میلی متر

عنوان نمونه	درصد خرده لاستیک	۷ روزه Kg/cm ²	۲۸ روزه Kg/cm ²
SHb	۰	۲۹۷/۷	۳۵۵/۵
SHb3-5	۵	۱۸۵/۲	۲۴۱/۲
SHb3-10	۱۰	۱۶۴/۱	۲۲۵/۹
SHb3-15	۱۵	۱۶۰/۵	۲۱۵/۷



نمودار 19: مقاومت فشاری با خرده لاستیک ۵-۸ میلی متر

6. نتیجه گیری

در این تحقیق اثر جایگزینی سنگدانه های بازیافتی به جای سنگ دانه و ابعاد ۱-۳، ۳-۵ و ۵-۸ میلی متر خرده لاستیک به جای ماسه در بتن با سنگدانه بازیافتی و خرده لاستیک و تاثیر میزان جایگزینی مصالح بازیافتی با هدف استفاده از مواد و مصالح بازیافتی برای تولید بتن در جهت حفظ و نگهداری محیط زیست و منابع طبیعی با انجام آزمایش های مورد نیاز تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

در نمونه اولیه (نمونه شاهد) با بررسی مقاومت ۲۸ روزه به این موضوع دست یافته ایم که مقاومت فشاری طبق نمودار با افزایش میزان آب و بالا رفتن روانی بتن (اسلامپ) مقاومت فشاری افزایش یافته که در گیرش سیمان تاثیر داشته که طرح اختلاط را به عنوان شاخص استفاده نمودیم.

با جایگزین کردن خرده لاستیک با ابعاد ۱-۳، ۳-۵، ۵-۸ افزایش درصد خرده لاستیک به بتن مقاومت فشاری آن کاهش یافت.

در نتایج حاصل از مقاومت فشاری بازیافتی همراه با خرده لاستیک بهترین درصد جایگزینی ۱۵٪ بوده است .

7. فهرست منابع

منبع	نمونه
تحقیقات با چند نویسنده	Oivares, F. H., Barluenga, G., Bollati, M. ,witoszek, B., Static and Dynamic Behaviour of Recycled Tyre Rubber-Filled Concrete ,Cement and concrete research, 2002, 32, 1587-1596
تحقیقات با چند نویسنده	Reda Taha, L, Abdel-Wahab, M. M., Fracture Toughness of Concrete Incorporating Rubber Tire Particles , Icpm, a new era of building, Cairo, Egypt, 18-20, February, 2003.
مقاله با چند نویسنده	Khaloo, A. R., Dehestani, M., Rahmatabadi, P., Mechanical Properties of Concrete Containing a High Volume of Tire-Rubber Particles , Waste Management 2008, 28 (12),2472-2482
پایان نامه	محمد کلانی دانشجوی کارشناسی ارشد عمران - مهندسی و مدیریت ساخت
پایان نامه	جباری و نوری بررسی و کنترل پدیده شناوری ذرات لاستیک در بتن ترکیبی با استفاده خرده لاستیک های اصلاح سطوح شده
کنفرانس با چند نویسنده	خدابخشیان، فاطمه و حاجی کاظمی، حسن، بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی پودر لاستیک