مطالعه آزمایشگاهی تاثیر شکل و اندازه آزمونه و نوع سیمان مصرفی بر روی مقاومت فشاری آزمونه‌های بتنی

بیت اله بدرلو
استادیار سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم
B.Badarloo@qut.ac.ir

چکیده:
آزمایش مقاومت فشاری بتن یکی از مهمترین آزمایش ها برای کنترل کیفیت بتن در سازه های عمرانی محسوب شده و بر اساس شرایط کارگاهی و ضوابط آیین نامه ها و استانداردهای مرتبط، قالب¬هایی با اشکال و ابعاد مختلف (مکعبی و استوانه ای) برای تهیه آزمونه های آزمایشی مورد استفاده قرار می گیرند. هدف از انجام این تحقیق بررسی و تعیین تغییرات ضرایب تبدیل مقاومت آزمونه ها با اشکال و ابعاد مختلف به یکدیگر برای بتن رده C25 و با استفاده از انواع مختلف سیمان می باشد. در این تحقیق برای ساخت آزمونه ها از سیمان های نوع ۴۲۵-۱، ۲ و ۵ استفاده شده و تعداد ۸۱ آزمونه مکعبی و استوانه ای شکل با ابعاد و اندازه های (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر، (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر و (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روز مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که علاوه بر شکل و اندازه آزمونه ها، نوع سیمان مصرفی نیز بر روی مقاومت و ضرایب تبدیل مقاومت آزمونه ها با اشکال و اندازه های مختلف تاثیر گذار است.

واژه‌های کلیدی: مقاومت فشاری بتن، ضریب تبدیل، نمونه مکعبی، نمونه استوانه ای، سیمان

۱- مقدمه

آزمون مقاومت فشاری بتن به دلیل سهولت در انجام و همچنین قیمت نسبتا ارزان آن متداول ترین آزمایشی می باشد که طراحان و مهندسان جهت کنترل کیفیت بتن از آن استفاده می کنند]۱[. از جمله مهمترین عوامل موثر بر مقاومت آزمونه های بتنی نظیر یک طرح مخلوط یکسان عبارتند از:

۱- نسبت اندازه آزمونه ها به حداکثر بعد سنگدانه ها
۲- سرعت اعمال بار
۳- وضعیت رطوبتی آزمونه
۴- گیرداری انتهایی ناشی از صفحات دستگاه های آزمایش شکست فشاری بتن
۵- نسبت لاغری آزمونه ها (نسبت ارتفاع به قطر)
۶- اندازه آزمونه

در کشورهای مختلف آزمونه های با اشکال و اندازه های متفاوت جهت تعیین مقاومت فشاری بتن استفاده می شود، هر چند به صورت کلی و معمولا آزمونه های مورد استفاده اکثرا شامل آزمونه های مکعبی می باشد [۲]. کشورهایی از قبیل آمریکا، کره جنوبی، فرانسه، کانادا و استرالیا از آزمونه های استوانه ای (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر و کشورهای حوزه بریتانیا، آلمان و بسیاری از دیگر کشورهای اروپایی از آزمونه های مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر و چندین کشور دیگر از قبیل نروژ از هر دو آزمونه مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر و استوانه ای (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر جهت تعیین مقاومت فشاری بتن استفاده می کنند [۳]. به دلیل تاثیر عواملی از قبیل شکل، نسبت ارتفاع به قطر و شرایط محصورشدگی ایجاد شده توسط قالب ها، مقاومت نظیر آزمونه های مکعبی و استوانه ای تهیه شده از یک طرح مخلوط بتن متفاوت می باشد، به گونه ای که مقاومت نظیر آزمونه های مکعبی همواره بیشتر از مقاومت نظیر آزمونه های استوانه ای می باشد. از اوایل سده ۱۹۰۰ میلادی مطالعات بسیاری [۴، ۵ و ۶] در این زمینه انجام گردید و اکثر محققان بر روی تعیین رابطه ای جهت تبدیل مقاومت فشاری آزمونه های بتنی غیراستاندارد به مقاومت آزمونه های استاندارد و همچنین رابطه بین مقاومت آزمونه های استوانه ای و آزمونه های مکعبی نظیر بتن های با مقاومت بالا تمرکز نمودند. برای بتن های با مقاومت معمولی برای تبدیل مقاومت آزمونه های استوانه ای به مقاومت نظیر آزمونه های مکعبی از یک ضریب تبدیل ۱,۲ استفاده می شود که این ضریب با افزایش مقاومت بتن به تدریج کاهش می یابد که این موضوع نشان دهنده کاهش تاثیر شکل آزمونه در بتن های با مقاومت بالا می باشد. در همین راستا در آیین نامه CEB-FIP [۷] نیز چنین یادآوری شده است که نسبت مقاومت نظیر آزمونه های مکعبی به مقاومت نظیر آزمونه های استوانه ای با افزایش مقاومت فشاری بتن به تدریج از ۱,۲۵ به ۱,۱۲ کاهش می یابد، نسبت های عددی ۱,۲۵ و ۱,۱۲ ذکر شده به ترتیب متناظر با مقاومت فشاری استوانه ای ۴۰ و ۸۰ مگاپاسکال می باشند. از جمله اولین تحقیقات انجام شده در خصوص تاثیر ابعاد و اندازه آزمونه ها بر روی مقاومت بتن، تحقیق انجام شده توسط Gonnerman در سال ۱۹۲۵ می باشد. در این تحقیق با استفاده از آزمونه های مکعبی استاندارد ۶ و ۸ اینچی و همچنین آزمونه های استوانه ای با اندازه های مختلف و آزمایش آنها در سنین مختلف، متوسط مقاومت استوانه ای به مکعبی از ۰,۸۵ الی ۰,۸۸ گزارش گردید [۴]. Murdock و Kesler طی تحقیقی در سال ۱۹۵۷ نتیجه گیری کردند که ضریب اصلاح مقاومت به مقدار مقاومت بتن وابسته می باشد و بعلاوه اینکه این ضریب با افزایش مقاومت بتن به تدریج کاهش می یابد [۶]. Plowman و همکاران طی تحقیقی در سال ۱۹۷۴ تاثیر شرایط مراقبت و عمل آوری را بر روی ضرایب تبدیل (استوانه ای به مکعبی) مورد مطالعه و بررسی قرار دادند [۸]. Malaikah طی تحقیقی در سال ۲۰۰۹ تاثیر شکل و اندازه آزمونه ها را بر روی مقاومت فشاری بتن با مقاومت بالا مورد مطالعه قرار داد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق ضرایب تبدیل ۰,۸۸ و ۰,۸۶ به ترتیب برای آزمونه های استوانه ای (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر به مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر و استوانه ای (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر به استوانه ای (۲۰۰×۱۰۰) میلیمتر پیشنهاد گردید. همچنین مشخص گردید که پارامترهای طرح مخلوط نیز بر روی ضریب تبدیل مقاومت آزمونه های استوانه ای به مکعبی موثر می باشد [۹]. Delviso و

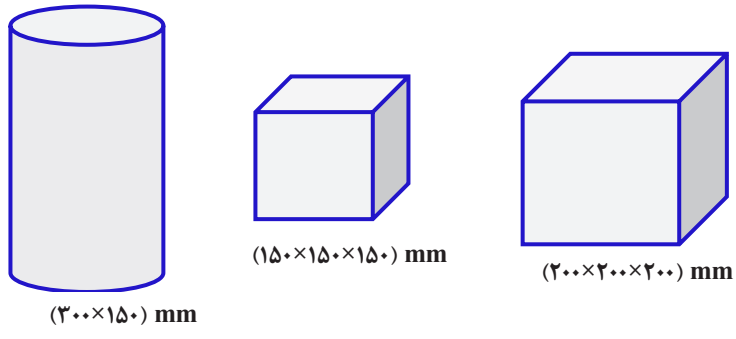
همکاران طی تحقیقی آزمایشگاهی در سال ۲۰۰۸، تاثیر شکل و اندازه آزمونه ها را بر روی الگوی شکست منحنی رفتاری تنش-کرنش و همچنین مقاومت کششی بتن مورد مطالعه و بررسی قرار دادند [۱۰]. Kadlecek و همکاران طی تحقیقی در سال ۲۰۰۲، مقاومت کششی انواع آزمونه های مکعبی، استوانه ای و منشوری را تعیین نمودند. در این تحقیق بر اساس نتایج حاصل یک رابطه کلی به فرم رابطه (۱) ارائه شد که در آن مقدار سطح شکست هر آزمونه (A) به مقاومت کششی نسبی آزمونه ($R_{t,tr}$) مربوط گردیده است [۱۱].

$$R_{t,tr} = C.A^{-m} \qquad (۱)$$

Mansur و Islam در تحقیقی آزمایشی در سال ۲۰۰۲ تاثیر شکل و اندازه آزمونه را بر روی مقاومت فشاری آزمونه های بتنی مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این تحقیق در مجموع ۲۱۰ آزمونه استوانه ای و مکعبی که مشتمل بر ۵ دسته آزمونه با اندازه های مختلف تهیه و مورد آزمایش فشاری قرار گرفته است. گستره مقاومتی آزمونه های مورد مطالعه ۲۰ الی ۱۰۰ مگاپاسکال می باشد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید که با افزایش مقاومت بتن نسبت مقاومت آزمونه مکعبی استاندارد (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر به دیگر آزمونه های مکعبی کاهش می یابد. در این مطالعه روابطی بین مقاومت آزمونه های استوانه ای و مقاومت آزمونه های مکعبی (۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰) میلیمتر با مقاومت نظیر آزمونه های مکعبی استاندارد ارائه شده است [۱۲]. Zabihi و Eren طی تحقیقی در سال ۲۰۱۴، تاثیر شکل و اندازه و همچنین شرایط عمل آوری آزمونه های بتنی را بر روی ضرایب تبدیل مقاومت مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این تحقیق آزمونه های استوانه ای به ابعاد (۲۰۰×۱۰۰) میلیمتر و (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر و آزمونه های مکعبی به ابعاد (۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰) میلیمتر و (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر و (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر از دو رده مقاومتی مختلف تهیه گردیده و مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفته است. در این تحقیق به منظور تاثیر شرایط عمل آوری بر روی ضرایب تبدیل، آزمونه های مورد آزمایش تحت دو شرایط مختلف (آب و هوا) مورد عمل آوری قرار گرفته اند [۱۳].

۲- روش تحقیق

هدف از این تحقیق مطالعه آزمایشگاهی تاثیر نوع سیمان مصرفی، شکل و اندازه آزمونه ها بر روی مقاومت فشاری آزمونه های مختلف در سنین مختلف می باشد. برای این منظور با تهیه طرح مخلوط نظیر بتن رده C25 با استفاده از ۳ نوع مختلف سیمان پرتلند (شامل سیمان پرتلند نوع ۴۲۵-۱، نوع ۲ و نوع ۵) آزمونه هایی استوانه ای و مکعبی به ابعاد نشان داده شده در شکل ۱ تهیه شده و پس از طی دوره مراقبت و عمل آوری، در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه تحت بارگذاری محوری مورد آزمایش قرار گرفته است. در این مقاله بر اساس نتایج بدست آمده ضمن بررسی و اظهار نظر در خصوص تاثیر نوع سیمان مصرفی و سن آزمونه ها بر ضریب تبدیل مقاومت آزمونه ها، ضرایب تبدیل مقاومت (r2 و r3) بدست آمده بر اساس نتایج آزمایش ها با ضرایب تبدیل ارائه شده توسط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته است. ضریب r2 معرف ضریب تبدیل مقاومت آزمونه مکعبی به ابعاد غیر ۲۰۰ میلیمتر، به مقاومت نظیر آزمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر و ضریب r3 معرف ضریب تبدیل مقاومت آزمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر، به مقاومت نظیر آزمونه استوانه ای استاندارد می باشد.



شکل ۱- هندسه و ابعاد نمونه های مورد مطالعه

۳- مصالح مصرفی

سیمان: سیمان مصرفی در این تحقیق شامل سیمان های پرتلند نوع ۴۲۵-۱، ۲ و ۵ تولید کارخانه سیمان تهران می باشد. مطابق کاتالوگ ارائه شده توسط کارخانه مشخصات سیمان های مصرفی منطبق بر مشخصات تعیین شده در استاندارد شماره ۳۸۹ ملی ایران [۱۴] بود.

آب: در این تحقیق بر اساس ملاحظات مطرح شده در بند ۹-۱۰-۴-۲ از مبحث نهم مقررات ملی ساختمان [۱۵] از آب آشامیدنی تمیز و صاف (آب شرب شهری) استفاده شده است.

شن: شن مورد استفاده در تحقیق حاضر رودخانه ای، با حداکثر درصد شکستگی و تقریبا کمی زبر بوده است که در سه اندازه اسمی ۱۲,۵mm-۴,۷۵ (شن نخودی)، ۹,۵mm-۱۹,۵ (شن فندقی) و ۱۲,۵mm-۲۵ (شن بادامی) تهیه شده و آزمایش های زیر بر روی آن انجام شده است.

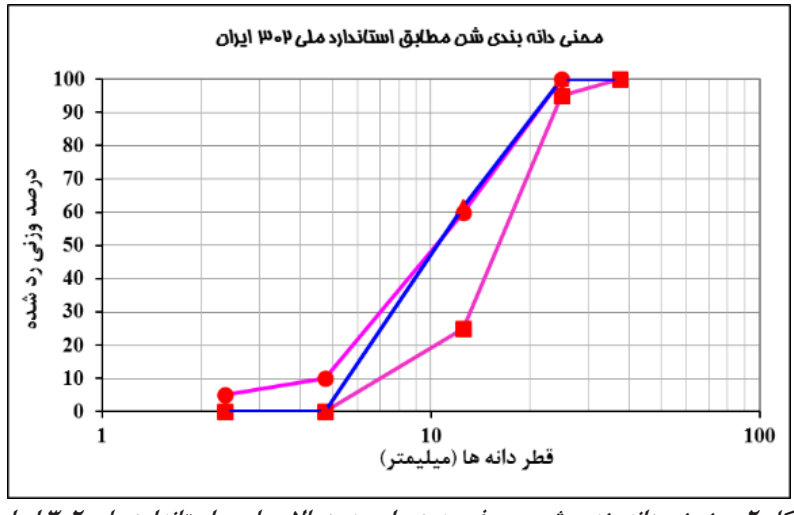
آزمایش دانه بندی مطابق استاندارد شماره ۳۰۲ ملی ایران [۱۶]

آزمایش تعیین چگالی و جذب آب سنگدانه درشت مطابق استاندارد ۴۹۸۲ ملی ایران [۱۷]

آزمایش تعیین مقاومت سنگدانه های درشت دانه در مقابل سایش و ضربه در دستگاه لوس آنجلس مطابق استاندارد ۸۴۴۷ ملی ایران [۱۸]

آزمایش تطویل و تورق مطابق استاندارد BS 812: Section 105.1 [۱۹]

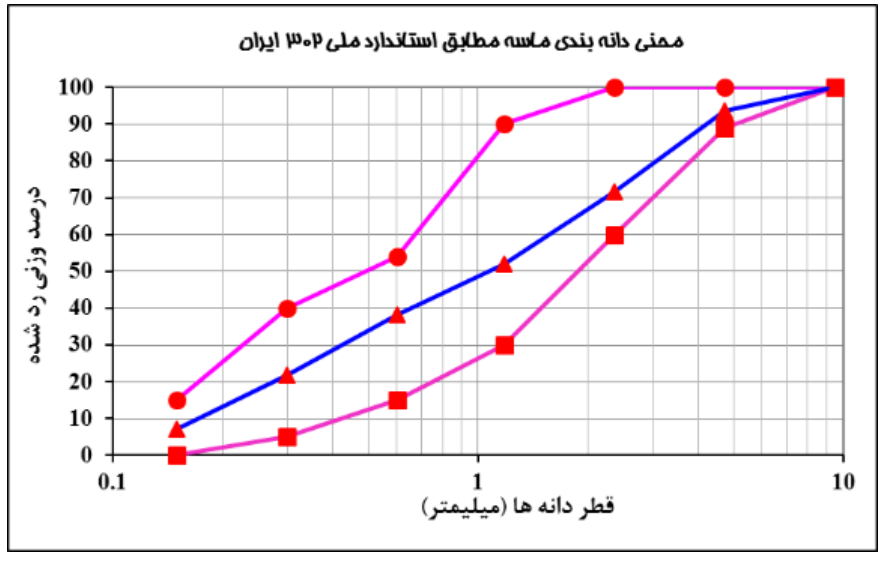
نمودار دانه بندی و مشخصات فیزیکی شن مصرفی به ترتیب در شکل ۲ و جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲- منحنی دانه بندی شن مصرفی به همراه حدود بالا و پایین استاندارد ملی ۳۰۲ ایران

جدول ۱- مشخصات فیزیکی سنگدانه های ریز (ماسه) و درشت (شن) مصرفی

ویژگی سنگدانه	استاندارد ملاک عمل		ماسه	شن
	ماسه	شن		
چگالی ظاهری (gr/cm^3)	ISIRI4980	ISIRI4982	۲,۷	۲,۷
چگالی فضایی خشک شده در آون (gr/cm^3)	ISIRI4980	ISIRI4982	۲,۵	۲,۵
چگالی فضایی اشباع با سطح خشک (gr/cm^3)	ISIRI4980	ISIRI4982	۲,۶	۲,۶
جذب آب (٪)	ISIRI4980	ISIRI4982	۳,۳	۲,۰
افت وزنی در سایش (٪)	-----	ISIRI8447	----	۱۵
درصد وزنی دانه های سوزنی	-----	BS812-75	----	۱۲
درصد وزنی دانه های پولکی	-----	BS812-75	----	۱۷



شکل ۳- منحنی دانه بندی ماسه مصرفی به همراه حدود بالا و پایین استاندارد ملی ۳۰۲ ایران

ماسه: ماسه مورد استفاده در تحقیق حاضر رودخانه ای و دانه های آن کمی گردگوشه بوده است که آزمایش های زیر بر روی آن انجام شده است.

آزمایش دانه بندی مطابق استاندارد شماره ۳۰۲ ملی ایران

آزمایش تعیین چگالی و جذب آب سنگدانه ریز مطابق استاندارد ۴۹۸۰ ملی ایران [۲۰]

نمودار دانه بندی و مشخصات فیزیکی شن مصرفی به ترتیب در شکل ۳ و جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۲- نسبت اختلاط مصالح در طرح اختلاط های مورد مطالعه

طرح اختلاط	نوع سیمان	آب	سیمان	ماسه	شن
A	۱-۴۲۵	۱۹۲	۳۲۵	۸۵۳	۸۶۵
B	۲	۱۶۵	۳۳۰	۸۸۷	۸۸۹
C	۵	۱۷۲	۴۰۰	۸۵۵	۸۶۸

۴- طرح اختلاط

طرح اختلاط استفاده شده در این تحقیق مبتنی بر روش وزنی و بر اساس ضوابط نشریه شماره ض-۴۷۹ (روش ملی طرح اختلاط بتن) می باشد. بر اساس نوع سیمان مصرفی (تیپ ۴۲۵-۱، ۲ و ۵) سه طرح اختلاط بر اساس بتن رده C25 تهیه شده است که اجزاء تشکیل دهنده هر یک از آنها در جدول ۲ ارائه شده است.

۵- نمونه های مورد آزمایش

در این تحقیق به منظور تامین اهداف مدنظر در مجموع تعداد ۸۱ آزمونه، مشتمل بر آزمونه های مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر، (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر و آزمونه های استوانه ای (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر به شرح جدول ۳ تهیه شده و در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفته است. تمام آزمونه ها ۲۴ ساعت پس از ساخت، قالب برداری شده و در حوضچه آب در دمای بین ۲۵-۲۲ درجه سانتیگراد تا سنین مورد نظر (۳، ۷ و ۲۸ روزه) عمل آوری شده اند.

جدول ۳ - مشخصات نمونه های بتنی مورد مطالعه

سن نمونه	طرح اختلاط A			طرح اختلاط B			طرح اختلاط C		
	Cu150	Cu200	Cy	Cu150	Cu200	Cy	Cu150	Cu200	Cy
۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۷	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۲۸	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳

۶- روش انجام آزمایش

آزمایش مقاومت فشاری بتن بر روی آزمونه های مکعبی و استوانه ای به ترتیب بر اساس استانداردهای BS EN 12390-3 [۲۱] و ASTM C-39 [۲۲] انجام شده است. در این تحقیق آزمونه ها در سنین مورد مطالعه از آب خارج و در شرایط مرطوب با استفاده از جک های هیدرولیکی ۱۵۰ و ۳۰۰ تنی به صورت محوری بارگذاری شده اند.

بارگذاری در آزمونه های مکعبی عمود بر امتداد بتن ریزی قالب ها ولی در آزمونه های استوانه ای به موازات امتداد بتن ریزی قالب ها اعمال گردیده است. لازم به ذکر است که سطوح بارگذاری آزمونه‌های استوانه ای قبل از انجام آزمایش مطابق استاندارد ASTM C 617-98 [۲۳] توسط ملات گوگرد مذاب کلاهک گذاری گردیده است. نحوه کلاهک گذاری و انجام آزمایش آزمونه ها در شکل ۴ نشان داده شده است.

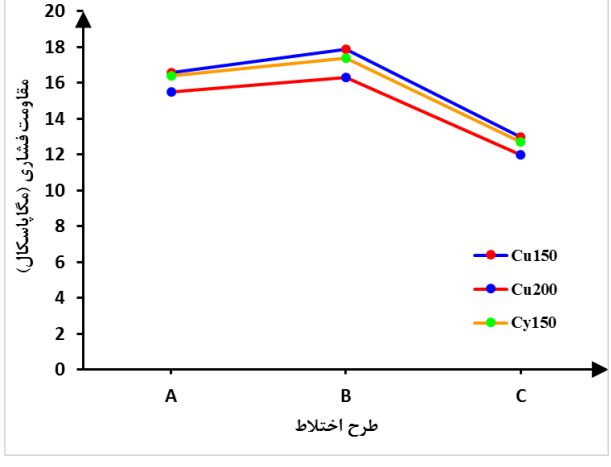
شکل ۴ - نحوه کلاهک گذاری و انجام آزمایش فشاری نمونه ها

۷- نتایج آزمایشات

نتایج بدست آمده از آزمایش مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای و مکعبی مورد مطالعه در جدول ۴ نشان داده شده است. لازم به ذکر است با توجه به اینکه در این تحقیق برای هر سری از نمونه ها، سه نمونه مشابه ساخته شده است؛ مقادیر متوسط ارائه شده در جدول ۴ بر اساس میانگین نظیر سه آزمونه برای هر سری از نمونه ها بدست آمده است. در این جدول Cu150، Cu200 به ترتیب معرف نمونه های مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر و (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر و همچنین Cy معرف نمونه استوانه ای (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر می باشد.

جدول ۴- مقادیر متوسط نتایج آزمایش فشاری نمونه های مورد مطالعه (MPa)

سن نمونه	طرح اختلاط A			طرح اختلاط B			طرح اختلاط C		
	Cu150	Cu200	Cy	Cu150	Cu200	Cy	Cu150	Cu200	Cy
۳	۱۶,۶	۱۵,۵	۱۶,۴	۱۷,۹	۱۶,۳	۱۷,۴	۱۳,۰	۱۲,۰	۱۲,۷
۷	۲۶,۷	۲۵,۲	۲۵,۷	۳۱,۶	۲۷,۳	۲۸,۳	۱۸,۴	۱۸,۳	۲۱,۴
۲۸	۳۶,۱	۳۶,۳	۳۳,۷	۳۹,۹	۳۸,۲	۳۵,۳	۳۴,۷	۳۴,۳	۳۲,۳

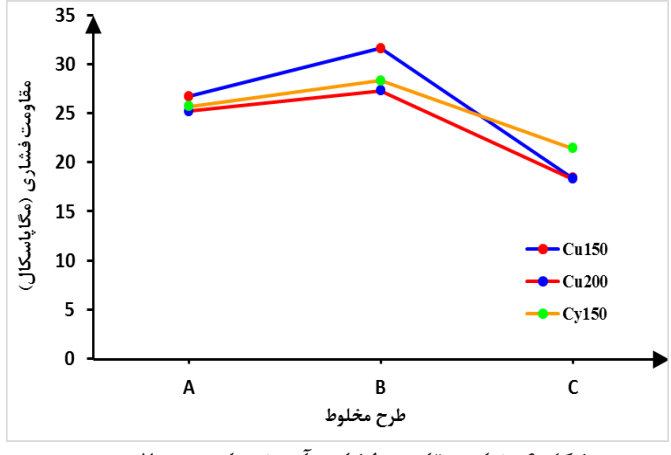


شکل ۵- نتایج مقاومت فشاری نمونه ها در سن ۳ روزه

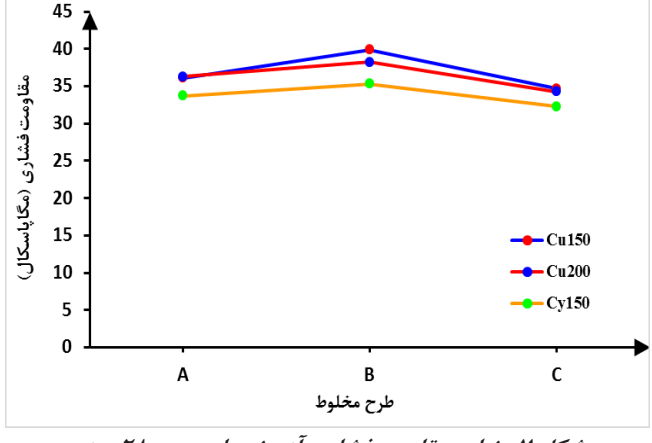
۸-تحلیل و تفسیر نتایج آزمایش ها

نتایج مقاومت فشاری آزمونه های مورد مطالعه نظیر هر سه طرح مخلوط مورد مطالعه در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه به ترتیب در اشکال شماره ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است. بر اساس نمودارهای ارائه شده مشاهده می گردد که طرح مخلوط B برای همه آزمونه ها در هر یک ازسنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه بیشترین مقاومت و طرح مخلوط C کمترین مقاومت را بدست می دهد. همچنین نمودارهای ارائه شده نشان می دهد نسبت مقاومت آزمونه ها با اشکال و ابعاد مختلف در سنین مختلف یکسان نمی باشد بگونه ای که با وجود آنکه مقاومت نظیر آزمونه های مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر در سنین ۳ و ۷ روزه کمتر از مقاومت نظیر آزمونه های مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر می باشد ولی در سن ۲۸ روزه مقاومت تقریبا یکسانی را ا خود نشان می دهد. همچنین بر اساس نتایج

مشاهده می گردد در شرایطی که آزمونه های استوانه ای در سنین ۳ و ۷ روزه دارای مقاومتی بالاتر از مقاومت آزمونه های مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر می باشد ولی در سن ۲۸ روزه مقاومتی کمتر از مقاومت آزمونه مکعبی مزبور را دارا می باشد. بدین ترتیب بر اساس نتایج حاصل می توان چنین اظهار نظر نمود که ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان که مقاومت آزمونه مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر و (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر را برابر و مقاومت آزمونه استوانه ای را کمتر از مقاومت نظیر آزمونه مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر معرفی می نماید در سنین ۳ و ۷ روزه آزمونه های مورد مطالعه برقرار نمی باشد و تنها در خصوص آزمونه های ۲۸ روزه مصداق داشته و معتبر می باشد.

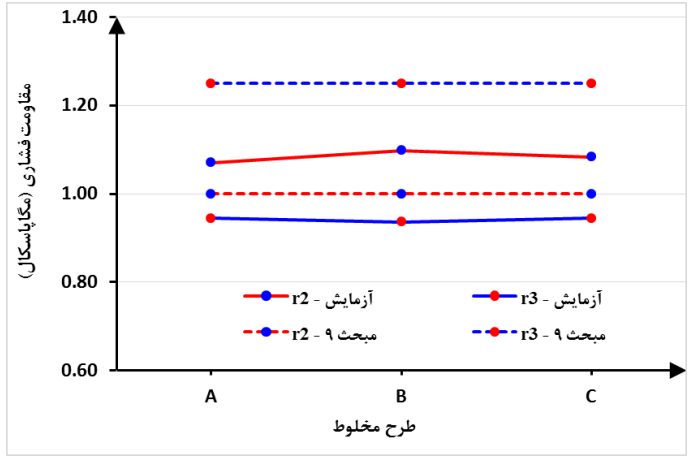


شکل ۶- نتایج مقاومت فشاری آزمونه ها در سن ۷ روزه

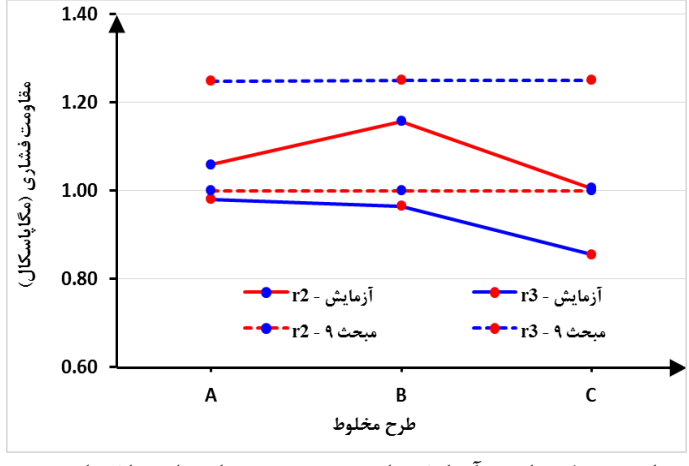


شکل ۷- نتایج مقاومت فشاری آزمونه ها در سن ۲۸ روزه

بر اساس نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۸۱ آزمونه مورد مطالعه، ضرایب تبدیل مقاومت r2 و r3 بدست آمده به همراه ضرایب تبدیل r2 و r3 ارائه شده توسط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در اشکال شماره ۸، ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. بر اساس نمودارهای ارائه شده مشاهده می گردد تاثیر سن آزمونه ها بر روی ضرایب تبدیل مقاومت r2 و r3 قابل ملاحظه می باشد، همچنین نتایج حاصل نشان می دهد که اختلاف ضرایب r2 و r3 بدست آمده در این تحقیق با ضرایب متناظر ارائه شده توسط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در سنین ۳ و ۷ روزه آزمونه ها حداکثر و در سن ۲۸ روزه حداقل می باشد. بدین ترتیب پیشنهاد می گردد در مبحث نهم تاکید شود ضرایب تبدیل ارائه شده در آن صرفا برای آزمونه ها با سن ۲۸ روزه می باشد و یا اینکه ضرایب مزبور برای دیگر سنین نیز ارائه شود.

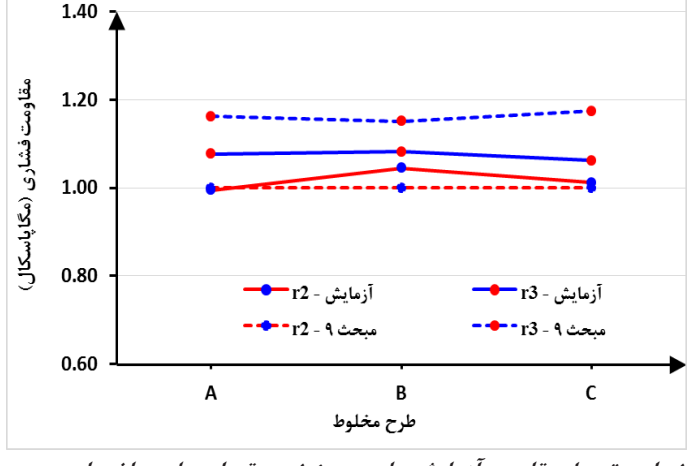


شکل ۸- ضرایب تبدیل مقاومت آزمایش ها و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در سن ۳ روزه



شکل ۹- ضرایب تبدیل مقاومت آزمایش ها و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در سن ۷ روزه

درصد انحراف معیار ضرایب r2 و r3 بدست آمده از نتیجه آزمایش ها سه طرح مخلوط مورد مطالعه متناظر با سه نوع سیمان مصرفی مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس مقادیر انحراف معیار بدست آمده مشخص است که تاثیر نوع سیمان بر ضرایب تبدیل r2 و r3 در سنین ۳ و ۲۸ روزه بیسار ناچیز و قابل صرفنظر کردن است در حالی که ضرایب تبدیل نظیر سن ۷ روزه وابسته به نوع سیمان مصرفی می باشد.



شکل ۱۰- ضرایب تبدیل مقاومت آزمایش ها و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در سن ۲۸ روزه

جدول ۵- مقادیر انحراف معیار ضرایب تبدیل مقاومت طرح مخلوط های مورد مطالعه در سنین مختلف

ضریب تبدیل مقاومت	مقدار انحراف معیار		
	سن سه روزه	سن ۷ روزه	سن ۲۸ روزه
r2	۰,۰۱۴	۰,۰۷۷	۰,۰۲۵
r3	۰,۰۰۵	۰,۰۶۸	۰,۰۱۱

۹- نتیجه گیری

در این مطالعه با آزمایش مقاومت فشاری ۸۱ آزمونه استوانه ای و مکعبی در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه که با استفاده از سه طرح مخلوط تهیه شده بر اساس سه نوع سیمان مختلف ساخته شده اند تاثیر شکل و اندازه آزمونه ها بر روی مقاومت فشاری آزمونه‌های بتنی و همچنین ضرایب تبدیل مقاومت مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

۱- نسبت مقاومت آزمونه ها با اشکال و ابعاد مختلف در سنین مختلف یکسان نمی باشد.

۲-در شرایطی که آزمونه های استوانه ای در سنین ۳ و ۷ روزه دارای مقاومتی بالاتر از مقاومت آزمونه های مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر می باشد ولی در سن ۲۸ روزه مقاومتی کمتر از مقاومت آزمونه مکعبی مزبور را دارا می‌باشد. بدین ترتیب مشخص می گردد ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در خصوص نسبت مقاومت آزمونه‌ها با اشکال و اندازه های مختلف در سنین ۳ و ۷ روزه برقرار نمی باشد و تنها در خصوص آزمونه های ۲۸ روزه مصداق داشته و معتبر می‌باشد.

۳- در محدوده نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید تاثیر سن آزمونه ها بر روی ضرایب تبدیل مقاومت r2 و r3 قابل ملاحظه می باشد و بر این اساس پیش بینی این نکته در ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان پیشنهاد می گردد.

۴- اختلاف ضرایب r2 و r3 بدست آمده در این تحقیق با ضرایب متناظر ارائه شده توسط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در سنین ۳ و ۷ روزه آزمونه ها حداکثر و در سن ۲۸ روزه حداقل می باشد.

۵-مقادیر انحراف معیار ضرایب r2 و r3 بدست آمده از نتیجه آزمایش ها سه طرح مخلوط مورد مطالعه متناظر با سه نوع سیمان مصرفی مختلف نشان می دهد تاثیر نوع سیمان بر ضرایب تبدیل r2 و r3 در سنین ۳ و ۲۸ روزه بسیار ناچیز و قابل صرفنظر کردن است در حالی که وابستگی ضرایب تبدیل نظیر سن ۷ روزه به نوع سیمان مصرفی قابل ملاحظه می‌باشد.

۱۰- تقدیر و تشکر

از حمایت های شرکت آباد کیفیت پارس که در انجام آزمایشات این تحقیق همکاری داشتند قدردانی به عمل می‌آید.

۱۱- منابع

[1] Mindess S, Young JF, and Darwin D. (2003). Concrete. 2nd Edition. USA. Prentice Hall, Pearson Education. pp. 137-139.

[2] Kim Jin-keum, and Seong-Tae Yi. (2002). Application of size effect to compressive strength of concrete members. India, 27(4):467-484.

[3] Seong-Tae Yi, Eun-Ik Yang, and Joong-Cheol Choi. (2006). Effect of specimen sizes, specimen shapes, and placement directions on compressive strength of concrete, Nuclear Engineering and Design, 236(2):115-127..

[4] Gonnerman HF. (1925). Effect of size and shape of test specimen on compressive strength of concrete. ASTM Proc. 25: 237–250.

[5] Gyengo T. (1938). Effect of type of test specimen and gradation of aggregate on compressive strength of concrete. Journal of the ACI, 33:269–283.

[6] Murdock JW, and Kesler C E. (1957). Effect of length to diameter ratio of specimen on the apparent compressive strength of concrete. ASTM Bull, 221:68–73.

[7] CEB-FIP Model Code. (1990). Comite Euro-International du Beton (1993). Bulletin Information No. 203-205, Lausanne, pp. 437.

[8] Plowman J, Smith W, and Sheriff T. (1974). Cores, cubes and the specific strength of concrete. The Structural Engineer, 52(11):421-426.

[9] Malaikah AS. (2009). Effect of specimen size and shape on the compressive strength of high strength concrete. Pertanika Journal of Science & Technology, 13(1):87-96.

[10] Del Viso J, Carmona J, and Ruiz G. (2008). Shape and size effects on the compressive strength of high-strength concrete. Cement Concrete Res, 38(3):386-395.

[11] Kadlecek SV, Modry S, and Kadlecek JV. (2002). Size effect of test specimens on tensile splitting strength of concrete:general relation. Materials and Structures, 35:28-34.

[12] Mansur MA, and Islam MM. (2002). Interpretation of concrete strength for nonstandard specimens. Journal of Materials in Civil Engineering, 14 (2):151–155.

[13] Zabihi N, and Eren O. (2014). Compressive strength concrete factors of concrete as affected by specimen shape and size. Research Journal of Applied sciences, Engineering and Technology, 7(20):4251-4257.

[۱۴] سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۷۸)، ویژگیهای سیمان پرتلند، شماره ۳۸۹، تجدید نظر سوم.

[۱۵] دفتر مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۲)، طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه، مبحث نهم، ویرایش چهارم.

[۱۶] سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۹۴)، سنگدانه های بتن-ویژگیها، شماره ۳۰۲، تجدید نظر سوم.

[۱۷] سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۹۰)، سنگدانه-تعیین چگالی، چگالی نسبی (وزن مخصوص) و جذب آب سنگدانه درشت-روش آزمون، شماره ۴۹۸۲، تجدید نظر اول.

[۱۸] سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۸۴)، سنگدانه-تعیین مقاومت سنگدانه های درشت در مقابل سایش و ضربه در دستگاه لوس آنجلس-روش آزمون، شماره ۸۴۴۷، چاپ اول.

[19] British Standards Institution (BSI). (1989). Methods for determination of particle shape, BS 812: Section 105.1, London.

[۲۰] سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۹۰)، سنگدانه-تعیین چگالی، چگالی نسبی (وزن مخصوص) و جذب آب سنگدانه ریز-روش آزمون، شماره ۴۹۸۰، تجدید نظر اول.

[21] British Standards Institution (BSI). (1983). Testing concrete. Method for determination of compressive strength of concrete cubes. BS 1881: Part 116, London.

[22] ASTM Standards. (2001). Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. In: Annual Book of ASTM Standards (ASTM C 39-01). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 5 pp.

[23] ASTM Standards. (2003). Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens. In: Annual Book of ASTM Standards (ASTM C 617-98). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 5 pp.

Experimental Study on The Influence of The Shape, Size of Specimens and Type of Cement on The Compressive Strength of Concrete Specimens

Baitollah Badarloo
Faculty of Engineering and Technology, Qom University of Technology, Qom, Iran

Abstract:
Compressive strength test of concrete is one of the most important tests to control the quality of concrete in construction structures and based on the Site conditions and rules of the relevant regulation and standards, the control specimens with different dimensions and shapes (cubic and cylindrical) are used. In this research for concrete grade C25 and using different types of cement, variations the conversion factors for strength of specimens with different shapes and dimensions was experimentally investigated. In this research with use the cement types 1-425, 2 and 5, totally 81 cubic and cylindrical concrete specimens with different size and dimensions (200×200×200) mm, (150×150×150) mm and (150×300) mm) were made and tested at ages 3, 7 and 28 days. The result of this study show that in addition to the shape and size of the specimens, the type of cement used also affect the strength and conversion factor of the strength of the specimens with different shapes and sizes.
Keywords: Compressive Strength of Concrete, Conversion Factor, Cubic Specimen, Cylindrical Specimen, Cement