نشریه علمی – پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۷، شماره ۳، سال ۱۳۹۹، صفحه ۲۳۹ تا ۲۵۱

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی – پژوهشی)

www.jsce.ir

مطالعه آزمایشگاهی تاثیر شکل و ابعاد نمونه و نوع سیمان مصرفی بر روی ضرایب تبدیل مقاومت فشاری نمونه های بتنی

بیت اله بدرلو[۱*]، محبوبه پیری زاده[۲]

۱- استادیار سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران

۲- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

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، قالب‌هایی با اشکال و ابعاد مختلف (مکعبی و استوانه ای) برای تهیه نمونه های آزمایشی مورد استفاده قرار می گیرند. هدف از انجام این تحقیق بررسی و تعیین تغییرات ضرایب تبدیل مقاومت نمونه ها با اشکال و ابعاد مختلف به یکدیگر برای بتن های رده C35 و C45 ساخته شده با انواع مختلف سیمان می باشد. در این تحقیق برای ساخت نمونه ها از سیمان های نوع ۴۲۵-۱، ۲ و ۵ استفاده شده و تعداد ۱۶۲ نمونه 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 مقاومت فشاری قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که علاوه بر شکل و اندازه نمونه ها، نوع سیمان مصرفی نیز بر روی مقاومت و ضرایب تبدیل مقاومت نمونه ها با اشکال و اندازه های مختلف تاثیر گذار است. همچنین نتایج حاصل نشان می دهد که اختلاف ضرایب تبدیل مقاومت بدست آمده با ضرایب تبدیل متناظر ارائه شده توسط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در سنین ۳ و ۷ روزه نمونه ها حداکثر و در سن ۲۸ روزه حداقل می باشد.

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

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	10.22065/jsce.2018.126646.1515
۱۳۹۷/۰۲/۰۱	۱۳۹۷/۰۶/۲۱	۱۳۹۷/۰۸/۰۵	۱۳۹۹/۰۴/۰۱	۱۳۹۹/۰۴/۰۱	doi: 10.22065/jsce.2018.126646.1515

*نویسنده مسئول: بیت‌اله بدرلو

پست الکترونیکی: badarloo@qut.ac.ir

Experimental study on the influence of the shape and size specimen and the type of cement used on the conversion factors of compressive strength of concrete specimens

Baitollah Badarloo [1*], Mahboobeh Pirizadeh [2]

1- Assistant professor in structural Eng., Department of Civil Engineering, Qom University of Technology (QUT), Qom, Iran
2- Assistant Professor, Department of Civil engineering , College of Engineering, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Compressive strength test of concrete is one of the most important tests for controlling the quality of concrete in construction structures and, moulds with different shapes and dimensions (cubic and cylindrical) are used to provide experimental specimens based on the workshop conditions and the regulations of the relevant codes and standards. The purpose of this research is to investigate and determine changes in the conversion factors for the strength of specimens with different shapes and dimensions for C35 and C45 concretes made with different types of cement. In this research, 425-1, 2, and 5 cements were used for the preparation of specimens. A total of 162 cubic and cylindrical specimens with dimensions (200 × 200 × 200) mm, (150 × 150 × 150) mm and (150x300) mm at the age of 3, 7 and 28 days have been tested for compressive strength. The results of this study show that in addition to the shape and size of the samples, the type of cement used also affects the strength and conversion factors for the strength of the specimens with various shapes and sizes. The results also show that the difference in conversion factor for strength obtained with the corresponding conversion factors provided by the Iranian National Building Code, Part 9 at the age of 3 and 7 days of the specimens is maximum and is minimum at the age of 28 days.

ARTICLE INFO

Receive Date: 21 April 2018
Revise Date: 12 September 2018
Accept Date: 27 October 2018

Keywords:
Compressive Strength of Concrete
Conversion Factor
Cubic specimen
Cylindrical Specimen
Cement

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/jsce.2018.126646.1515

*Corresponding author: Baitollah Badarloo
Email address: badarloo@qut.ac.ir

۱- مقدمه

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 نمونه های بتنی نظیر یک طرح مخلوط یکسان عبارتند از:

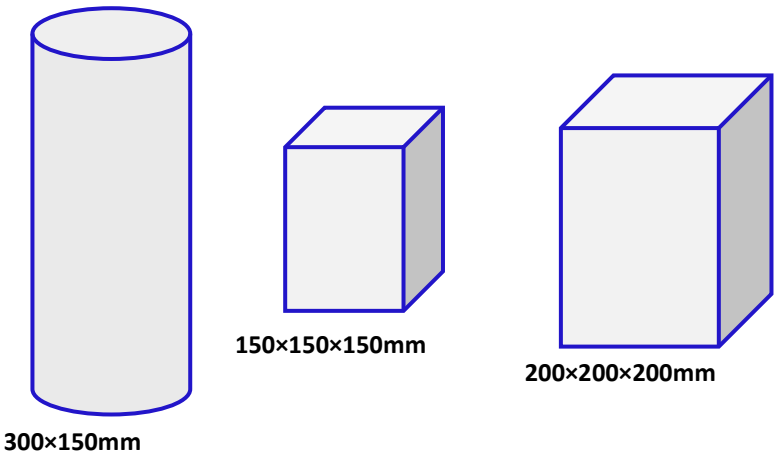
نسبت اندازه نمونه ها به حداکثر بعد سنگدانه ها
سرعت اعمال بار
وضعیت رطوبتی نمونه
گیرداری انتهایی ناشی از صفحات دستگاه های آزمایش شکست فشاری بتن
نسبت لاغری نمونه ها (نسبت ارتفاع به قطر)
اندازه نمونه

در کشورهای مختلف نمونه های با اشکال و اندازه های متفاوت جهت تعیین مقاومت فشاری بتن استفاده می شود، هر چند به صورت کلی و معمولا نمونه های مورد استفاده اکثرا شامل نمونه های مکعبی و مستطیلی می باشد [۲]. کشورهایی از قبیل آمریکا، کره جنوبی، فرانسه، کانادا و استرالیا از نمونه های استوانه ای (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر و کشورهای حوزه بریتانیا، آلمان و بسیاری از دیگر کشورهای اروپایی از نمونه های مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر و چندین کشور دیگر از قبیل نروژ از هر دو نمونه 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 نمونه های مکعبی و استوانه ای تهیه شده از یک طرح مخلوط بتن متفاوت می باشد، به گونه ای که مقاومت نظیر نمونه های مکعبی همواره بیشتر از مقاومت نظیر نمونه 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 نمونه های بتنی غیراستاندارد به مقاومت نمونه های استاندارد و همچنین رابطه بین مقاومت نمونه های استوانه ای و نمونه های مکعبی نظیر بتن های با مقاومت بالا تمرکز نمودند. برای بتن های با مقاومت معمولی برای تبدیل مقاومت نمونه های استوانه ای به مقاومت نظیر نمونه 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 نمونه 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 نمونه های مکعبی به مقاومت نظیر نمونه 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 نمونه ها بر روی مقاومت بتن، تحقیق انجام شده توسط گانرمن در سال ۱۹۲۵ می باشد. در این تحقیق با استفاده از نمونه های مکعبی استاندارد ۶ و ۸ اینچی و همچنین نمونه 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]. مرداک و کسلر 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]. پلاومن 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]. ملایکه طی تحقیقی در سال ۲۰۰۹ تاثیر شکل و اندازه نمونه 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 نمونه 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 نمونه های استوانه ای به مکعبی موثر می باشد [۹]. دلویسو و همکاران طی تحقیقی آزمایشگاهی در سال ۲۰۰۸، تاثیر شکل و اندازه نمونه ها را بر روی الگوی شکست منحنی رفتاری تنش-کرنش و

همچنین مقاومت کششی بتن مورد مطالعه و بررسی قرار دادند [۱۰]. کادلچک و همکاران طی تحقیقی در سال ۲۰۰۲، مقاومت کششی انواع نمونه 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 نمونه (A) به مقاومت کششی نسبی نمونه (Rt,tr) مربوط گردیده است [۱۱].

$$R_{t,tr} = C.A^{-m} \quad (۱)$$

منصور و اسلام طی تحقیقی آزمایشی در سال ۲۰۰۲ تاثیر شکل و اندازه نمونه را بر روی مقاومت فشاری نمونه های بتنی مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این تحقیق در مجموع ۲۱۰ نمونه استوانه ای و مکعبی که مشتمل بر ۵ دسته نمونه با اندازه های مختلف تهیه و مورد آزمایش فشاری قرار گرفته است. گستره مقاومتی نمونه 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 نمونه مکعبی استاندارد (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر به دیگر نمونه های مکعبی کاهش می یابد. در این مطالعه روابطی بین مقاومت نمونه های استوانه ای و مقاومت نمونه های مکعبی (۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰) میلیمتر با مقاومت نظیر نمونه های مکعبی استاندارد ارائه شده است [۱۲]. ذبیحی و ارن طی تحقیقی در سال ۲۰۱۴، تاثیر شکل و اندازه و همچنین شرایط عمل آوری نمونه های بتنی را بر روی ضرایب تبدیل مقاومت مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این تحقیق نمونه های استوانه ای به ابعاد (۲۰۰×۱۰۰) میلیمتر و (۳۰۰×۱۵۰) میلیمتر و نمونه 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، نمونه های مورد آزمایش تحت دو شرایط مختلف (آب و هوا) مورد عمل آوری قرار گرفته اند [۱۳].



شکل ۱: هندسه و ابعاد نمونه های مورد مطالعه

۲- روش تحقیق

هدف از این تحقیق مطالعه آزمایشگاهی تاثیر نوع سیمان مصرفی، شکل و اندازه نمونه ها بر روی مقاومت فشاری نمونه های مختلف در سنین مختلف می باشد. برای این منظور با تهیه طرح مخلوط نظیر بتن های رده C35 و C45 با استفاده از ۳ نوع مختلف سیمان پرتلند (شامل سیمان پرتلند نوع ۴۲۵-۱، نوع ۲ و نوع ۵) نمونه های استوانه ای و مکعبی به ابعاد نشان داده شده در شکل ۱ تهیه شده و پس از طی دوره مراقب 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 نمونه ها بر ضریب تبدیل مقاومت نمونه 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 نمونه مکعبی به ابعاد غیر ۲۰۰ میلیمتر، به مقاومت نظیر

نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر و ضریب r3 معرف ضریب تبدیل مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر، به مقاومت نظیر نمونه استوانه ای استاندارد می باشد.

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 ۴,۷۵-۱۲,۵mm (شن نخودی)، ۹,۵-۱۹,۵mm (شن فندقی) و ۱۲,۵-۲۵mm (شن بادامی) تهیه شده و آزمایش های زیر بر روی آن انجام شده است.

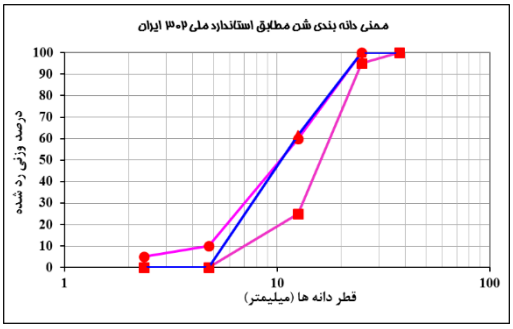
آزمایش دانه بندی مطابق استاندارد شماره ۳۰۲ ملی ایران [۱۶]

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

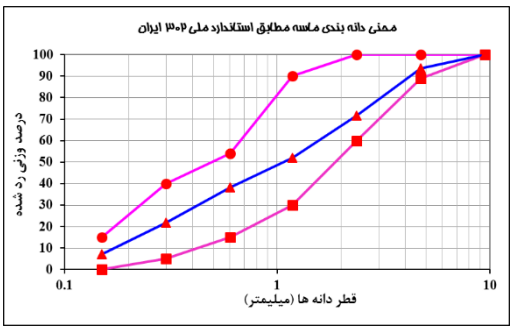
آزمایش تعیین مقاومت سنگدانه های درشت دانه در مقابل سایش و ضربه در دستگاه لوس آنجلس مطابق استاندارد ۸۴۴۷ ملی ایران [۱۸]

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



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 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

جدول ۲: نسبت مخلوط مصالح در طرح مخلوط های مورد مطالعه

طرح مخلوط	نوع سیمان	آب	سیمان	ماسه	شن
D	۱-۴۲۵	۱۶۵	۳۳۷	۸۸۲	۸۹۳
E	۲	۱۷۸	۴۴۵	۸۲۵	۸۳۶
F	۵	۱۹۲	۵۶۵	۷۶۸	۷۸۰
G	۱-۴۲۵	۱۸۴	۴۹۷	۷۹۴	۸۰۵
H	۲	۱۹۲	۵۶۵	۷۶۱	۷۷۱
I	۵	۱۹۲	۵۶۵	۷۹۵	۸۰۵

۴- طرح مخلوط

طرح مخلوط استفاده شده در این تحقیق مبتنی بر روش وزنی و بر اساس ضوابط نشریه شماره ض-۴۷۹ (روش ملی طرح مخلوط بتن) می باشد. بر اساس نوع سیمان مصرفی (نوع ۴۲۵-۱، ۲ و ۵) سه طرح مخلوط بر اساس بتن های رده C35 و C45 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 ۱۶۲ نمونه، مشتمل بر نمونه های مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر، (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر و نمونه 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 نمونه 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

طرح مخلوط	سنین نمونه ها								
	۳			۷			۲۸		
	Cu150	Cu200	Cy	Cu150	Cu200	Cy	Cu150	Cu200	Cy
D	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
E	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
F	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
G	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
H	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
I	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳

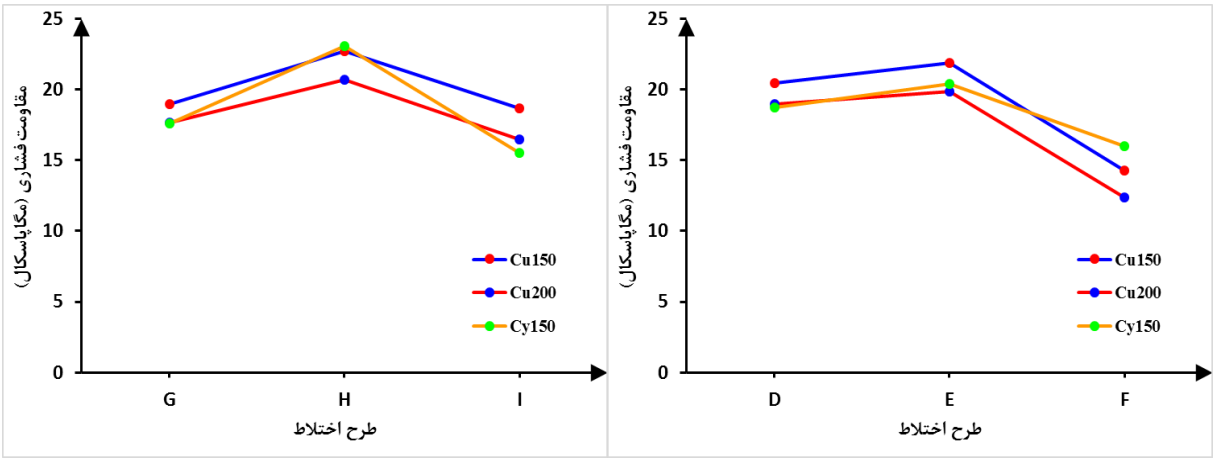
شکل ۴: نحوه کلاهک گذاری و انجام آزمایش فشاری نمونه ها

۶- روش انجام آزمایش

آزمایش مقاومت فشاری بتن بر روی نمونه های مکعبی و استوانه ای به ترتیب بر اساس استانداردهای BS 1881: Part 116:1983 [۲۱] و ASTM C-39 [۲۲] انجام شده است. در این تحقیق نمونه 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 نمونه های مکعبی عمود بر امتداد بتن ریزی قالب ها ولی در نمونه های استوانه ای به موازات امتداد بتن ریزی قالب ها اعمال گردیده است. لازم به ذکر است که سطوح بارگذاری نمونه های 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 نمونه ها در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ٤: مقادیر متوسط نتایج آزمایش فشاری نمونه های مورد مطالعه (MPa)

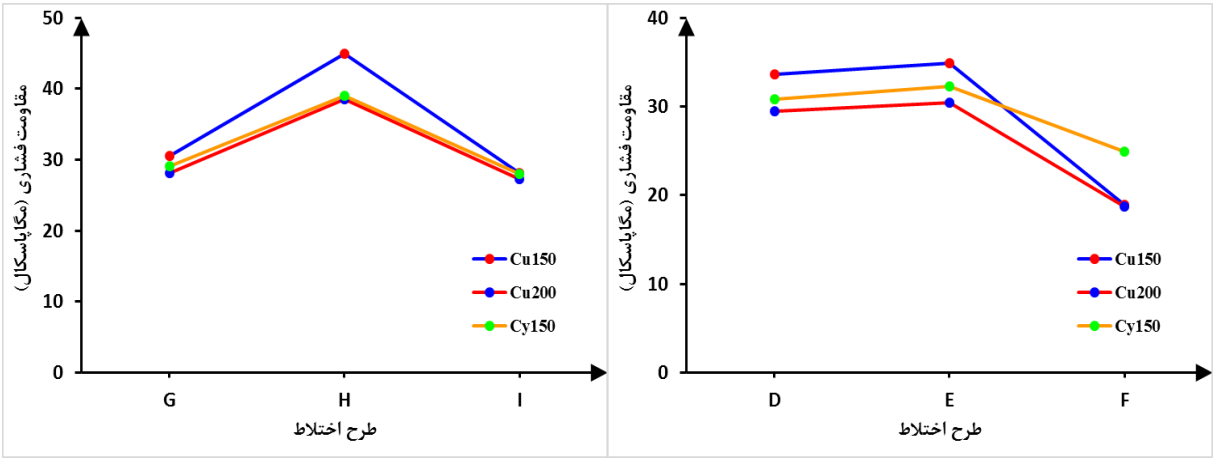
طرح مخلوط	سنین نمونه ها								
	۳			۷			۲۸		
	Cu150	Cu200	Cy	Cu150	Cu200	Cy	Cu150	Cu200	Cy
D	۲۰,۵	۱۹,۰	۱۸,۸	۳۳,۶	۲۹,۵	۳۰,۹	۴۱,۰	۴۰,۱	۳۸,۸
E	۲۱,۹	۱۹,۹	۲۰,۴	۳۴,۹	۳۰,۴	۳۲,۳	۴۵,۹	۴۵,۷	۴۰,۲
F	۱۴,۳	۱۲,۴	۱۶,۰	۱۸,۹	۱۸,۷	۲۴,۹	۴۰,۸	۳۹,۲	۳۶,۴
G	۱۹,۰	۱۷,۷	۱۷,۶	۳۰,۵	۲۸,۱	۲۹,۱	۵۰,۰	۴۷,۰	۴۶,۰
H	۲۲,۷	۲۰,۷	۲۳,۱	۴۵,۰	۳۸,۵	۳۹,۰	۵۴,۵	۴۹,۷	۴۸,۷
I	۱۸,۷	۱۶,۵	۱۵,۵	۲۸,۱	۲۷,۳	۲۸,۰	۴۶,۲	۴۴,۷	۴۳,۷



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

۷- روش انجام آزمایش

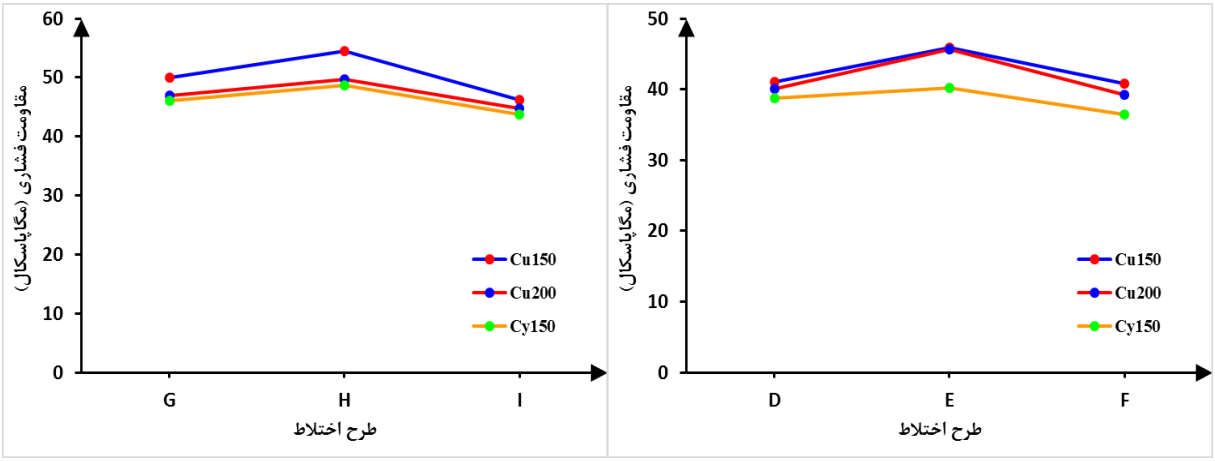
نتایج بدست آمده از آزمایش مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای و مکعبی مورد مطالعه در جدول ۴ نشان داده شده است. لازم به ذکر است با توجه به اینکه در این تحقیق برای هر سری از نمونه ها، سه نمونه مشابه ساخته شده است؛ مقادیر متوسط ارائه شده در جدول ۴ بر اساس میانگین نظیر سه آزمونه برای هر سری از نمونه ها بدست 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.



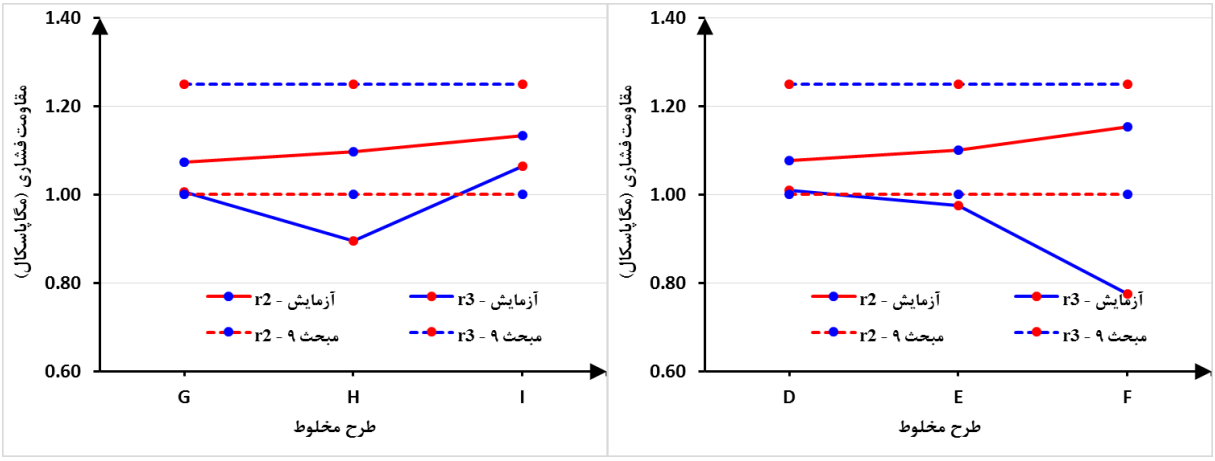
شکل ۶: نتایج مقاومت فشاری نمونه ها در سن ۷ روزه

۸- تحلیل و تفسیر نتایج آزمایش ها

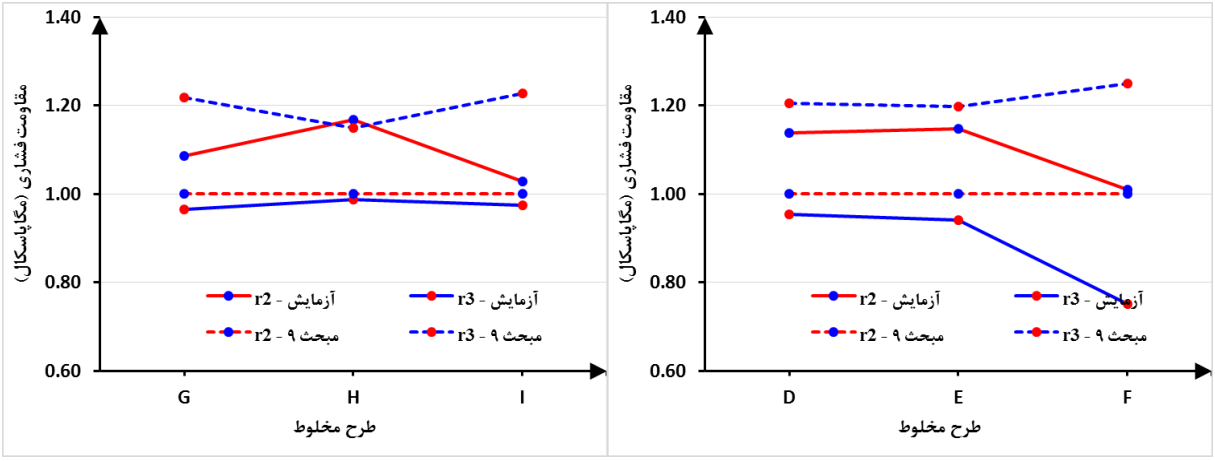
نتایج مقاومت فشاری نمونه های مورد مطالعه نظیر هر سه طرح مخلوط مورد مطالعه در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه به ترتیب در اشکال شماره ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است. بر اساس نمودارهای ارائه شده مشاهده می گردد که طرح مخلوط E و H ؛که متناظر با طرح مخلوط تهیه شده با استفاده از سیمان نوع ۲ می باشند؛ برای همه نمونه ها در هر یک ازسنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه بیشترین مقاومت و طرح مخلوط F و I ؛ که متناظر با طرح مخلوط تهیه شده با استفاده از سیمان نوع ۵ می باشند؛ کمترین مقاومت را بدست می‌دهند. همچنین نمودارهای ارائه شده نشان می دهد نسبت مقاومت نمونه ها با اشکال و ابعاد مختلف در سنین مختلف یکسان نمی باشد بگونه ای که با وجود آنکه مقاومت نظیر نمونه های مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر در سنین ۳ و ۷ روزه کمتر از مقاومت نظیر نمونه های مکعبی (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر می باشد ولی در سن ۲۸ روزه مقاومت تقریبا یکسانی را از خود نشان می دهد. همچنین بر اساس نتایج مشاهده می گردد در شرایطی که نمونه های استوانه ای در سنین ۳ و ۷ روزه دارای مقاومتی بالاتر از مقاومت نمونه های مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر می باشد ولی در سن ۲۸ روزه مقاومتی کمتر از مقاومت نمونه 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 [۱۵] که مقاومت نمونه مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر و (۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰) میلیمتر را برابر و مقاومت نمونه استوانه ای را کمتر از مقاومت نظیر نمونه مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر معرفی می نماید در سنین ۳ و ۷ روزه نمونه های مورد مطالعه برقرار نمی باشد و تنها در خصوص نمونه های ۲۸ روزه مصداق داشته و معتبر می باشد.



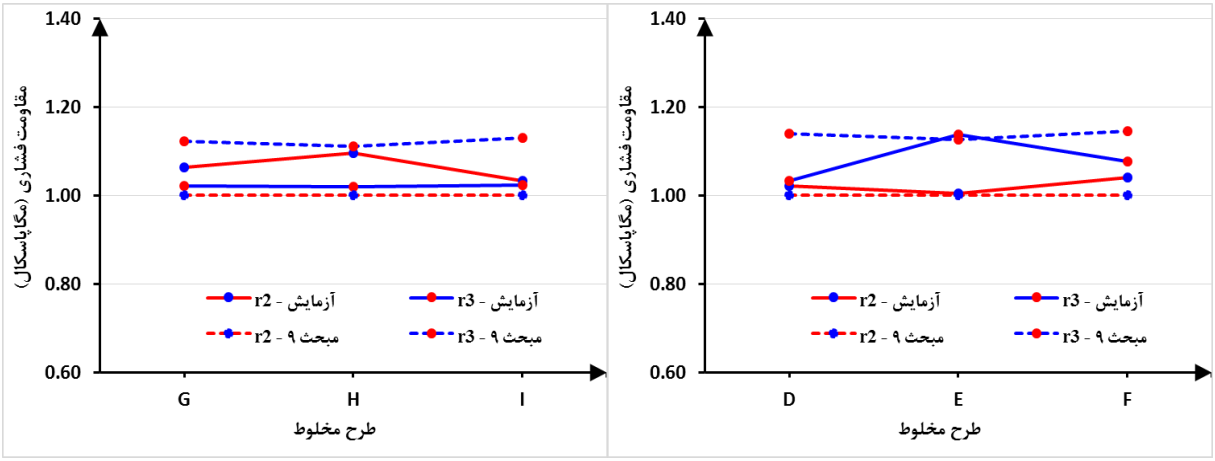
شکل ۷: نتایج مقاومت فشاری نمونه ها در سن ۲۸ روزه



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



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

بر اساس نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۱۶۲ نمونه 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 [۱۵] در اشکال شماره ۸، ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. بر اساس نمودارهای ارائه شده مشاهده می گردد تاثیر سن نمونه 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 [۱۵] در سنین ۳ و ۷ روزه نمونه ها حداکثر و در سن ۲۸ روزه حداقل می باشد. بدین ترتیب ضرورت دارد در مبحث نهم تاکید شود ضرایب تبدیل ارائه شده در آن صرفا برای نمونه ها با سن ۲۸ روزه می باشد و یا اینکه ضرایب مزبور برای دیگر سنین نیز ارائه شود.

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

طرح مخلوط	ضریب تبدیل مقاومت	مقدار انحراف معیار		
		سن ۳ روزه	سن ۷ روزه	سن ۲۸ روزه
D , E , F	r2	۰,۰۳۹	۰,۰۷۷	۰,۰۱۸
	r3	۰,۱۲۷	۰,۱۱۴	۰,۰۵۲
G , H , I	r2	۰,۰۳۰	۰,۰۷۰	۰,۰۳۲
	r3	۰,۰۸۵	۰,۰۱۱	۰,۰۰۱

مقدار انحراف معیار ضرایب r2 و r3 بدست آمده از نتیجه آزمایش ها شش 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 سن ۲۸ روزه بیسار ناچیز و قابل صرفنظر کردن است در حالی که وابستگی ضرایب تبدیل نظیر سن ۷ روزه به نوع سیمان مصرفی قابل ملاحظه و غیرقابل صرفنظر کردن می باشد.

۸- نتیجه گیری

در این مطالعه با آزمایش مقاومت فشاری ۱۶۲ نمونه استوانه ای و مکعبی در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه که با استفاده از شش طرح مخلوط تهیه شده بر اساس سه نوع سیمان مختلف ساخته شده اند تاثیر شکل و اندازه نمونه ها بر روی مقاومت فشاری نمونه های بتنی و همچنین ضرایب تبدیل مقاومت مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

- طرح مخلوط E و H ؛که متناظر با طرح مخلوط تهیه شده با استفاده از سیمان نوع ۲ می باشند؛ برای همه نمونه ها در هر یک ازسنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه بیشترین مقاومت و طرح مخلوط F و I ؛ که متناظر با طرح مخلوط تهیه شده با استفاده از سیمان نوع ۵ می باشند؛ کمترین مقاومت را بدست می‌دهند.
- نسبت مقاومت نمونه ها با اشکال و ابعاد مختلف در سنین مختلف یکسان نمی باشد.
- در شرایطی که نمونه های استوانه ای در سنین ۳ و ۷ روزه دارای مقاومتی بالاتر از مقاومت نمونه های مکعبی (۲۰۰×۲۰۰×۲۰۰) میلیمتر می باشد ولی در سن ۲۸ روزه مقاومتی کمتر از مقاومت نمونه مکعبی مزبور را دارا می باشد. بدین ترتیب مشخص می گردد ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در خصوص نسبت مقاومت نمونه ها با اشکال و اندازه های مختلف در سنین ۳ و ۷ روزه برقرار نمی باشد و تنها در خصوص نمونه های ۲۸ روزه مصداق داشته و معتبر می-باشد.
- در محدوده نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید تاثیر سن نمونه 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.
- 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 نمونه ها حداکثر و در سن ۲۸ روزه حداقل می باشد. بدین ترتیب ضرورت دارد در مبحث نهم تاکید شود ضرایب تبدیل ارائه شده در آن صرفا برای نمونه ها با سن ۲۸ روزه می باشد و یا اینکه ضرایب مزبور برای دیگر سنین نیز ارائه شود.
- مقادیر درصد انحراف معیار ضرایب r2 و r3 بدست آمده از نتیجه آزمایش های شش طرح مخلوط مورد مطالعه متناظر با سه نوع سیمان مصرفی مختلف نشان می دهد تاثیر نوع سیمان بر ضرایب تبدیل r2 و r3 در سن 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 و غیرقابل صرفنظر کردن می باشد.

مراجع

[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.

[14] Iranian National Standardization Organization (1999). Specification for Portland cement. INSO 389, 3nd Revision.

[15] Iranian National Building Codes Compilation Office (2014). Iranian National Building Code, Part 9: Design and construction of R.C. buildings, 4nd Revision.

[16] Iranian National Standardization Organization (2015). Concrete Aggregates-Specifications. INSO 302, 3nd Revision.

[17] Iranian National Standardization Organization (2017). Aggregate-Determination of density, relative density (specific gravity) and water absorption of coarse aggregate-Test method. INSO 4982, 2rd Revision.

[18] Iranian National Standardization Organization (2018). Aggregates–Aggregates-Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine-Test Method. INSO 8447, 1st Revision.

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

[20] Iranian National Standardization Organization (2018). Aggregate-Determination of density, relative density (specific gravity) and water absorption of fine aggregate-Test method. INSO 4980, 2nd Revision.

[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.