

## بررسی تاثیر الزام کنترل کیفی بتن بر بهبود کیفیت بتن ساختمان های مسکونی ( مطالعه موردی: ساختمان های مسکونی شهر اردبیل )

فیروز شاهی، کارشناس عمران، کارشناس ارشد مدیریت اجرایی و مدیر شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان اردبیل  
بابک کاظمی، کارشناس ارشد راه و ترابری، مدرس موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی مقدس اردبیلی  
داور بهژاد، کارشناس آزمایش های غیر مخرب شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان اردبیل  
شهرام نصیری، کارشناس شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان اردبیل

### چکیده:

امروزه در شهر اردبیل به دلایلی سازه های بتنی بیشتر از سازه های فولادی به کار می روند. در این بین، اطمینان از کیفیت بتن اجرا شده و مطابقت مقاومت فشاری آن با مقاومت مشخصه تعیین شده در نقشه های اجرایی از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان اردبیل، چند سالی است نمونه گیری و انجام آزمایش مقاومت فشاری بتن از ساختمان های مسکونی شش سقف و بالاتر را الزامی نموده که تاثیر مثبت در بهبود کیفیت بتن ساختمان ها داشته است. لیکن عدم کنترل کیفی ساختمان ها مطابق با آیین نامه بتن ایران (آبا) از نظر تعداد، محل و تواتر نمونه برداری در ساختمان های شش سقف و بالاتر و همچنین عدم الزام این کنترل در ساختمان های پنج سقف و پایین تر از آن، تاثیرات منفی در کیفیت بتن ساختمان های احداث شده داشته است که موضوع بررسی این تحقیق می باشد. برای افزایش اعتبار و صحت نتایج در این تحقیق از اطلاعات آزمایشات انجام شده توسط شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی به شرح اطلاعات مقاومت فشاری بتن ۱۰۹ عضو سازه ای ساختمان های شش سقف و بالاتر در دو سال اخیر (۹۱-۹۲) و نتایج حاصل از آزمایش چکش اشمیت بر روی ۵۰ عضو بتنی ساختمان های پنج سقف و پایین تر استفاده شده است. نتایج حاکی از وجود ارتباط معنی دار بین الزام کنترل کیفی و کیفیت بتن بوده و نشان می دهد میانگین مقاومت فشاری بتن ساختمانیهای پنج سقف و پایین تر، در بیشتر موارد بسیار کمتر از میانگین مقاومت فشاری ساختمان های شش سقف و بالاتر می باشد. همچنین عدم درخواست نمونه برداری و آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن یا عدم کفایت تعداد نمونه برداری از بتن تازه اعضای سازه ای مهم نظیر ستون در ساختمان های شش سقف و بالاتر، از نتایج این تحقیق می باشد.

واژگان کلیدی: کیفیت بتن، کنترل کیفی، آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی، سازمان نظام مهندسی ساختمان

### ۱- مقدمه

با توجه به جمعیت فزاینده کشور، روز به روز نیاز به مسکن، همزمان با اختصاص بودجه های کلان به پروژه های عمرانی در مجتمعات مسکونی و شهرک ها بیشتر و حیاتی تر خواهد شد و کشورهای پیشرفته و در حال توسعه در سطح جهان، در خاک

پهناور ایران نیز سرمایه‌گذاری در این بخش مقدار قابل توجهی را به خود اختصاص داده است [۱]. در حال حاضر در کشور و در بخش راه و مسکن حدود ۶ میلیارد تومان در هر ساعت هزینه می‌شود که پس از صنعت نفت، عظیم ترین سرمایه‌گذاری ملی محسوب می‌شود [۲]. اما اطمینان از بهره‌وری این سرمایه‌گذاری عظیم خود به چالشی تبدیل می‌شود که انجام کنترل صحیح کیفیت پروژه‌ها یکی از اقدامات اساسی برای رسیدن به این مقصود است. به لحاظ بررسی‌های اقتصادی، کنترل کیفیت در پروژه‌های عمرانی با انجام آزمایشات مربوط به آن هزینه محسوب نمی‌شود بلکه نوعی سرمایه‌گذاری و به عبارت بهتر تضمین سرمایه‌گذاری انجام شده است چرا که با افزایش عمر مفید و بهره‌دهی پروژه‌ها و کاهش آسیب پذیری آن‌ها، ضمن جلوگیری از به هدر رفتن سرمایه‌های ملی، امکان استفاده بهینه از منابع را فراهم آورده و از بروز خسارت‌های جانی و مالی غیرقابل جبران پیشگیری می‌نماید. بررسی‌ها حاکی از آن است که هزینه انجام کامل آزمایشات کنترل کیفی پروژه‌های عمرانی در حدود یک درصد هزینه تمام شده یک پروژه و ناچیز می‌باشد که در صورت عدم اختصاص این هزینه اندک، ضرر و زیان‌های جانی و مالی به مراتب بیشتری، متوجه سازندگان و استفاده‌کنندگان خواهد شد [۳]. به آسانی می‌توان گفت کنترل کیفیت پروژه‌های مسکونی (با توجه به موضوع تحقیق) و اطمینان از کیفیت اجرای پروژه، یکی از اقدامات اساسی در مبحث پدافند غیرعامل و نیز فاز پیشگیری در مدیریت بحران شهری است. و این موضوع در شهر اردبیل که طبق آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله در منطقه با خطر نسبی زیاد قرار دارد اهمیت بیشتری می‌یابد. یکی از مصالحی که به طور وسیع در احداث پروژه‌های عمرانی کاربرد دارد، بتن می‌باشد. بتن در مفهوم وسیع به هر ماده یا محصولی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد اطلاق می‌شود. این ماده چسبنده اغلب حاصل فعل و انفعالات سیمان‌های هیدرولیکی و آب می‌باشد. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان و نیز پوزولان‌ها، سرباره کوره‌ها، مواد مضاف، گوگرد، مواد افزودنی، پلیمرها، الیاف و دیگر مواد تهیه

شود و همچنین در نحوه ساخت آن ممکن است از حرارت، بخار آب، اتوکلاو، خلا، فشارهای هیدرولیکی و متراکم‌کننده‌های مختلف استفاده شود [۴] که در این تحقیق سعی می‌شود از بتنی صحبت شود که مخلوطی از سیمان، آب و سنگدانه و در نهایت مواد افزودنی است. مقاومت بتن مهمترین خاصیت و مشخصه بتن نزد طراحان و مهندسان کنترل کیفیت می‌باشد. در طرح و کنترل کیفیت بتن، مقاومت خاصیتی است که اغلب، مقدار آن مشخص می‌گردد. دلیل این امر آن است که در مقایسه با سایر خواص، مقاومت بتن به آسانی قابل اندازه‌گیری است. علاوه بر این، بسیاری از خواص بتن نظیر مدول ارتجاعی، ضد آب بودن یا نفوذ ناپذیری و مقاومت در برابر هوازدگی، به طور مستقیم با مقاومت بتن مربوط بوده و می‌توان از نتایج مقاومت تا حدود زیادی به خواص دیگر آن پی برد [۵]. با توجه به اینکه این امکان وجود دارد که بتنی با کیفیت استاندارد، از تولیدکنندگان بتن آماده تهیه شود لیکن باید توجه داشت که در این حالت تنها مواد خام، کنترل شده است در حالی که مسائلی نظیر حمل و نقل، ریختن و تراکم بتن نیز در کیفیت محصول نهایی نقش عمده‌ای داشته و بایستی در پای کار کنترل شوند. این امر در کنترل کیفیت بتن‌هایی که در محل ساختمان ساخته می‌شوند و کنترل موثری بر روی آن‌ها وجود ندارد و اغلب به روش دستی ریخته می‌شوند از اهمیت دو چندان برخوردار است. آزمایشاتی که نتایج آن‌ها، برای تعیین کیفیت بتن ساختمان‌ها استفاده شده است آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن نمونه‌برداری شده از بتن تازه و آزمایش چکش اشمیت می‌باشد.

## ۲-۱- آزمایش تعیین مقاومت فشاری

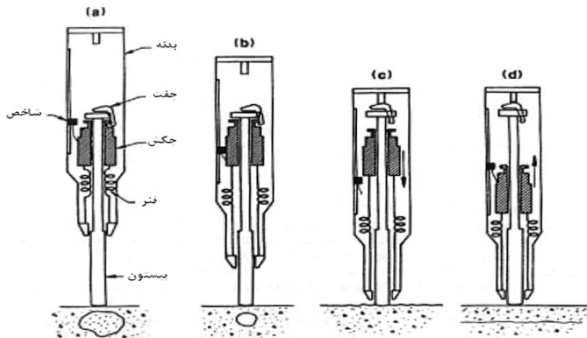
مقاومت فشاری عبارت است از ظرفیت تحمل یک جسم، در مقابل نیروهای فشاری محوری مستقیم. میزان مقاومت فشاری، معمولاً به وسیله آزمایش فشار به دست می‌آید. اساس آزمایش به صورت اعمال بار فشاری یکنواخت با نرخ افزایش ثابت به نمونه بتن با شکل هندسی مشخص و ابعاد استاندارد تا لحظه شکست نمونه می‌باشد. مقاومت فشاری از تقسیم حداکثر بار تحمل شده

از روش های غیر مخرب نیز به طور وسیعی برای ارزیابی مقاومت بتن سازه ها استفاده می شود. روش های غیر مخرب همان طور که از اسمشان پیداست هیچ گونه خسارتی به سازه وارد نمی کنند و رفتار سازه را تحت تاثیر قرار نمی دهند [۹].

روش های غیر مخرب مختلفی برای ارزیابی مقاومت بتن سازه ها وجود دارد که استفاده از امواج التراسونیک و اندازه گیری عدد برگشتی توسط چکش اشمیت از رایج ترین آنهاست [۹].

تعیین عدد برگشتی با استفاده از چکش اشمیت یکی از قدیمی ترین آزمایش های غیر مخرب بوده و هنوز هم به علت راحتی و سادگی مورد استفاده قرار می گیرد [۱۰]. روش آزمایش مطابق استانداردهای ASTM-C805 و BS 1881 Part202 می باشد [۱۱ و ۱۲].

روش آزمایش بر پایه این اصل استوار است که بازگشت یک جسم از یک سطح الاستیک، وابسته به سختی سطحی است که جرم به آن برخورد می کند. در این روش یک جرم با استفاده از یک فنر فشرده شده با میزان انرژی مشخص رها می شود و مقدار مسافت برگشتی جرم پس از برخورد به سطح اندازه گیری می شود که به عنوان عدد برگشتی نامیده می شود. عدد قرائت شده به تغییرات موضعی در محل آزمایش بسیار حساس است. به عنوان مثال وجود یک سنگدانه درشت در محلی که پیستون چکش به آن برخورد می کند، می تواند سبب به دست آمدن نتایج غیر عادی و بالا شود و برعکس وجود ترک یا فضای خالی در محلی که پیستون چکش به آن برخورد می کند سبب قرائت عدد پایین تری می شود [۱۳ و ۱۴]. شکل ۲ مقطع عرضی چکش اشمیت و قسمت های مختلف دستگاه را نشان می دهد.



شکل ۲- مقطع عرضی چکش اشمیت و قسمت های مختلف دستگاه

توسط نمونه تا لحظه شکست بر سطح مقطع نمونه به دست می آید. استانداردهای رایج برای تعیین مقاومت فشاری نمونه های بتن استانداردهای ASTM-C39 و BE EN 12390-3 می باشد [۷ و ۶]. در این تحقیق مطابق شکل ۱ مقاومت فشاری نمونه های مکعبی استاندارد با ابعاد  $15 \times 15 \times 15$  سانتی متر که از ساختمان های مسکونی مختلف در حین اجرا نمونه برداری شده بود، مطابق استاندارد BE EN 12390-3 در سن ۴۲ روزه تعیین شد. لازم به ذکر است که مطابق آیین نامه بتن ایران (آبا) مقاومت مشخصه بتن بر اساس آزمایش نمونه های ۲۸ روزه تعیین می شود [۸]. ولی به دلیل تولید سیمان پوزولانی توسط کارخانه سیمان اردبیل و استفاده از این نوع سیمان در اکثر پروژه های ساختمانی در شهر اردبیل، متقاضیان در خواست تعیین مقاومت فشاری بتن در سن ۴۲ روزه را می نمایند.



شکل ۱- تعیین مقاومت فشاری بتن

## ۲-۲- آزمایش چکش اشمیت

کنترل کیفی بتن سازه ها اغلب با استفاده از آزمایش نمونه های استاندارد صورت می گیرد. این نمونه ها در طی بتن ریزی از بتن در حال اجرا نمونه برداری شده و تحت شرایط استاندارد متراکم و عمل آوری می شوند. هرچند این روش های استاندارد برای تعیین مقاومت فشاری بتن ممکن است نشان دهنده مقاومت واقعی بتن در سازه نباشد زیرا روش به کار رفته برای تراکم و عمل آوری نمونه های استاندارد تهیه شده با روش به کار رفته برای تراکم و عمل آوری بتن در سازه متفاوت می باشد [۹].

در این تحقیق، تعداد و نتایج آزمایشات تعیین مقاومت فشاری نمونه های اخذ شده از بتن تازه ساختمان های شش سقف و بالاتر در شهر اردبیل مشخص و با نتایج مقاومت فشاری حاصل از چکش اشمیت در ساختمان های پنج سقف و پایین تر، مقایسه و مورد بررسی قرار گرفته است.

۱۱ پروژه ساختمان مسکونی مختلف انجام گردید. برای هر عضو بتنی ده برداشت توسط چکش اشمیت انجام شد و میانگین نتایج به عنوان عدد برگشتی آن عضو در نظر گرفته شد. برای تحلیل نتایج، شش رده مقاومتی به صورت: کمتر از ۲۰۰، بین ۲۰۰ تا ۲۵۰، بین ۲۵۰ تا ۳۰۰، بین ۳۰۰ تا ۳۵۰، بین ۳۵۰ تا ۴۰۰، و بین ۴۰۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع در نظر گرفته و درصد نتایج به دست آمده در هر رده مقاومتی براساس تعداد داده ها محاسبه شد. پروژه های در نظر گرفته شده از بین ساختمان های پنج سقف و پایین تر که نمونه گیری و آزمایش مقاومت فشاری بتن برای آن ها انجام نمی گیرد، انتخاب شد.

۳- برنامه کار عملی

در این تحقیق جهت بررسی تاثیر انجام آزمایش های کنترل کیفی بر نتایج مقاومت فشاری بتن سازه ها، از نتایج آزمایش های مقاومت فشاری بتن موجود در شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان اردبیل استفاده شد. داده های موجود، اطلاعات مقاومت فشاری بتن ۱۰۹ عضو سازه های بتنی از ۸۲ پروژه ساختمان مسکونی مختلف در طی دو سال (سال های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) و اعضای سازه های شامل فونداسیون، ستون، سقف و دیوار

جدول ۱- نتایج مقاومت فشاری به دست آمده براساس آزمایش نمونه های مکعبی استاندارد برای اعضای سازه های ساختمان های شش سقف و بالاتر در مقایسه با مقاومت فشاری برآورد شده از آزمایش چکش اشمیت اعضای سازه های ساختمان های پنج سقف و پایین تر طی سال های ۹۲ و ۹۱						
عضو	نتایج مقاومت فشاری اعضای سازه های ساختمان های شش سقف و بالاتر براساس آزمایش نمونه های مکعبی استاندارد		نتایج مقاومت فشاری اعضای سازه های ساختمان های پنج سقف و پایین تر براساس آزمایش چکش اشمیت			
	تعداد عضو بتنی آزمایش شده	نسبت تعداد عضو آزمایش شده (براساس درخواست متقاضیان) نسبت به تعداد پروژه ها	میانگین مقاومت فشاری به دست آمده (kg/cm <sup>2</sup> )	تعداد عضو بتنی آزمایش شده	نسبت تعداد عضو آزمایش شده نسبت به تعداد پروژه ها	میانگین مقاومت فشاری بدست آمده (kg/cm <sup>2</sup> )
دیواربرشی	۱۱	۰/۱۳	۲۷۱	۵	۰/۴۵	۱۳۷
تیر و سقف	۵۱	۰/۶۲	۲۴۲	۱۰	۰/۹۱	۱۷۶
فونداسیون	۴۴	۰/۵۴	۲۶۶	۱۶	۱/۴۵	۲۴۲
ستون	۳	۰/۰۴	۲۶۷	۱۹	۱/۷۳	۱۸۳
مجموع	۱۰۹	-	-	۵۰	-	-

برشی بودند. این نتایج حاصل از نمونه برداری از بتن تازه پروژه ها در حین اجرا و تعیین مقاومت فشاری نمونه های مکعبی بتن مطابق استاندارد BS EN 12390-3 بود. برای هر عضو بتنی میانگین نتایج سه نمونه به عنوان مقاومت فشاری آن عضو در نظر گرفته شده است.

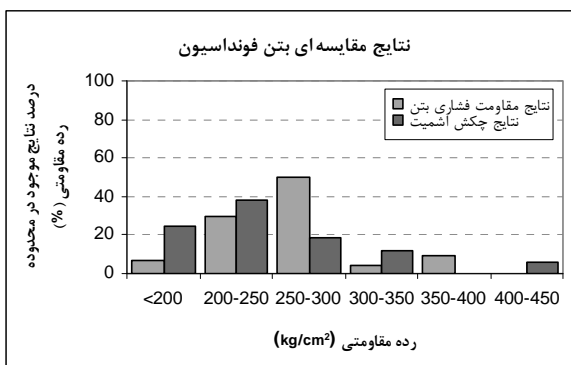
برای ارزیابی مقاومت فشاری بتن اعضای سازه هایی که کنترل کیفی و آزمایش مقاومت فشاری بتن برای آن ها انجام نگردیده بود، از دستگاه چکش اشمیت استفاده شد. آزمایش چکش

جدول ۲ - نتایج آماری مقاومت فشاری اعضای سازه‌ای ساختمان های شش سقف و بالاتر براساس آزمایش نمونه‌های مکعبی استاندارد

رده مقاومتی (kg/cm <sup>2</sup> )	دیواربرشی		تیر و سقف		فونداسیون		ستون	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
<200	۰	۰	۱۴	۲۷	۳	۷	۰	۰
200-250	۴	۳۷	۱۸	۳۵	۱۳	۳۰	۱	۳۳
250-300	۵	۴۵	۱۱	۲۲	۲۲	۵۰	۲	۶۷
300-350	۱	۹	۳	۶	۲	۴	۰	۰
350-400	۰	۰	۳	۶	۴	۹	۰	۰
400-450	۱	۹	۲	۴	۰	۰	۰	۰
	۱۱	۱۰۰	۵۱	۱۰۰	۴۴	۱۰۰	۳	۱۰۰

جدول ۳- نتایج آماری مقاومت فشاری ساختمان های پنج سقف و پایین تر برآورد شده از آزمایش چکش اشمیت

رده مقاومتی (kg/cm <sup>2</sup> )	دیوار		تیر و سقف		فونداسیون		ستون	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
<200	۵	۱۰۰	۷	۷۰	۴	۲۵	۱۱	۵۸
200-250	۰	۰	۲	۲۰	۶	۳۸	۳	۱۶
250-300	۰	۰	۰	۰	۳	۱۹	۴	۲۱
300-350	۰	۰	۱	۱۰	۲	۱۲	۱	۵
350-400	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
400-450	۰	۰	۰	۰	۱	۶	۰	۰
	۵	۱۰۰	۱۰	۱۰۰	۱۶	۱۰۰	۱۹	۱۰۰



درجداول ۲ و ۳ به ترتیب نتایج آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن در ساختمان های شش سقف و بالاتر و نتایج آزمایش های چکش اشمیت در ساختمان های پنج سقف و پایین تر ارائه شده است.

مکعبی و نتایج برآورد شده از آزمایش چکش اشمیت به صورت مقایسه‌ای در شکل های ۳ تا ۶ آورده شده است.

نمودار ۱- نتایج آماری مقایسه‌ای مقاومت فشاری فونداسیون حاصل از آزمایش نمونه‌های مکعبی و چکش اشمیت

برشی بسیار پایین و کمتر از مقادیر اشاره شده در آیین نامه بتن آبا می باشد. و پیشنهاد می گردد ضوابط آیین نامه آبا درخصوص تواتر نمونه برداری و آزمایش بتن سازه ها به شرح ذیل رعایت گردد:

در مورد ستون ها مطابق آیین نامه آبا از هر ۵۰ متر طول ستون (به طور متوسط یک سری نمونه از ستون های هر طبقه در ساختمان های متعارف) باید انجام شود.

برای دال ها و دیوارها به ازاء هر ۱۵۰ متر مربع سطح و یا هر ۳۰ متر مکعب بتن ریزی یک سری نمونه برداری باید انجام شود.

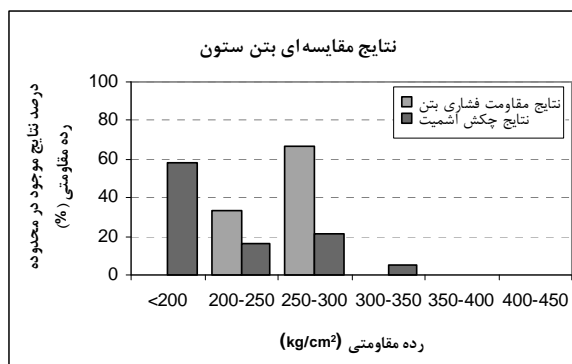
توضیح اینکه طبق ضوابط آیین نامه آبا، حداقل یک نمونه برداری از هر رده بتن و ۶ نمونه برداری از کل هر سازه الزامی است.

نکته مهم دیگری که از جدول ۱ استنباط می شود، پایین بودن میزان مقاومت فشاری بتن در ساختمان های پنج سقف و پایین تر است که طبق نظر سازمان نظام مهندسی ساختمان اردبیل، الزامی برای نمونه برداری و انجام آزمایش تعیین مقاومت فشاری برای این ساختمان ها نیست. با توجه به ارزشمند بودن جان انسان ها و کثرت ساختمان های پنج سقف و پایین تر در شهر اردبیل و صرف سرمایه های بسیار زیاد برای احداث این بناها و در راستای اجرای فاز پیشگیری در مدیریت بحران شهری، الزامی نمودن کنترل کیفی بتن این ساختمان ها ضروری بوده و پیشنهاد می گردد متولیان ساخت و ساز، دقت و توجه لازم را برای تحقق این امر داشته باشند.

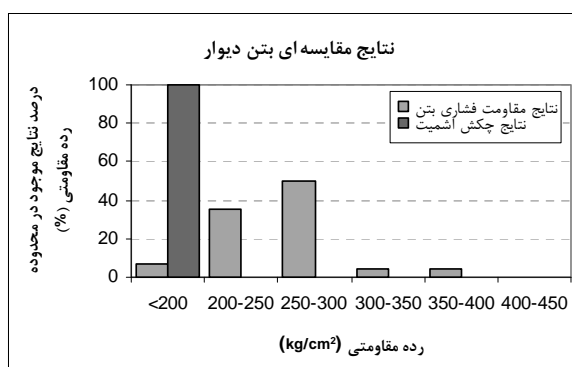
نمودارهای مقایسه ای ۱ تا ۴ نیز موید این واقعیت است که توزیع آماری نتایج مقاومت فشاری ساختمان های پنج سقف و پایین تر نسبت به ساختمان های شش سقف و بالاتر، در رده های مقاومتی پایین تر قرار می گیرد که حاکی از لزوم توجه بیشتر به ارتقای کیفیت ساختمان های پنج سقف و پایین تر از طریق الزام انجام آزمایشات کنترل کیفی و تعیین مقاومت فشاری نمونه های بتنی است.

## مراجع

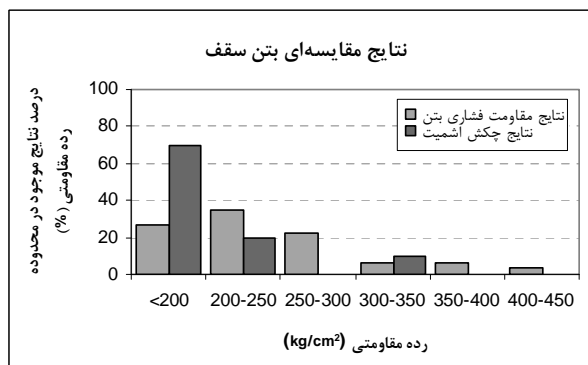
- ۱- نادری، محمود. (۱۳۷۳). "آسیب شناسی و بهسازی سازه های بتنی"، انتشارات شرکت ابزارخاک.



نمودار ۲- نتایج آماری مقایسه ای مقاومت فشاری ستون حاصل از آزمایش نمونه های مکعبی و چکش اشमित



نمودار ۳- نتایج آماری مقایسه ای مقاومت فشاری دیوار برشی حاصل از آزمایش نمونه های مکعبی و چکش اشमित



نمودار ۴- نتایج آماری مقایسه ای مقاومت فشاری سقف حاصل از آزمایش نمونه های مکعبی و چکش اشमित

## ۳- بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج آماری نشان داده شده در جدول ۱ مشخص می شود از بین ۱۰۹ آزمایش مقاومت فشاری انجام شده برای اعضای سازه ای، تعداد آزمایشات درخواستی مهندسین ناظر از ساختمان های شش سقف و بالاتر برای ستون ها و دیوارهای

۲- پایگاه اطلاع رسانی دولت <http://dolat.ir/NSite/FullStory>

۳- پایگاه اطلاع رسانی شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک  
وزارت راه و شهرسازی <http://tsml>

۴- نویل، آدام. (۱۳۸۴). " تکنولوژی بتن ". ترجمه علی رمضان  
پور و محمدرضا شاه نظری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت  
۵- کومار مهتا، پائولو ج.م مونته ئیرو. (۱۳۸۵). " ریزساختار،  
خواص و اجزای بتن (تکنولوژی بتن پیشرفته)". ترجمه علی اکبر  
رمضان پور، پرویز قدوسی، اسماعیل گنجیان. چاپ دوم، انتشارات  
دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

6- ASTM C39-12, (2012) Standard Test Method for  
Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens,  
Annual Book of ASTM Standards.

7- BS EN 12390-3, (2009), Testing hardened Concrete  
Part 3: Compressive strength of test specimens, British  
Standards.

۸. آیین نامه بتن ایران (آبا) تجدید نظر اول، چاپ نهم، معاونت  
برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهور

9- Neville, A. M., (1995) Properties of concrete, U.K.,  
Addison-Wesley Longman

10- Arioiz, O., Tuncan A., Tuncan M., Kavas, T., (2009)  
Afyon kocatepe university journal of science, Ozel sayi,  
ISSN: 1302-3187

11- ASTM C 805-08, (2008) Standard test method for  
rebound number of hardened concrete, Annual Book of  
ASTM Standards.

12- BS 1881: Part 202, (1986), Recommendations for  
surface hardness testing by rebound hammer, British  
Standards.

13- Arioglu, E., Arioglu, N., (1998), Testing of Concrete  
Core Samples and Evaluations, Istanbul: Evrim Publisher.

14- Qasrawi, H.Y., (2000), Concrete strength by  
combined non destructive methods simply and reliably  
predicted, Cement and Concrete Research 30: 739-746.