

تعیین مقاومت مصالح در ساختمان‌ها با استفاده از روش درجای «پیچش»

محمود نادری^{۱*}، سعید معدنی^۲

۱- دانشیار بخش مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

* قزوین، صندوق پستی ۳۴۱۹۴-۲۸۸

naderi-m@ikiu.ac.ir

(دریافت مقاله: دی ۱۳۸۵، پذیرش مقاله: آبان ۱۳۸۷)

چکیده- از آنجا که برای مطالعه رفتار و دوام و همچنین برای جایگزینی مناسب مواد و مصالح در تعمیر و مرمت، آگاهی از مقاومت واقعی مصالح بکار گرفته شده در بناها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با توجه به اینکه شرایط رایج در استفاده از روش‌های آزمایشگاهی با شرایط محیطی و بهره‌برداری این بناها کاملاً متفاوت می‌باشند، در سال‌های اخیر کوشش‌های زیادی برای ابداع روش‌های درجا بعمل آمده است ولی در اغلب این روش‌ها، پارامترهایی به‌صورت غیرمستقیم اندازه‌گیری و سپس با استفاده از روابطی، مقاومت مصالح موردنظر تخمین زده می‌شود. روش «پیچش» که در این مقاله به آن پرداخته شده است، روشی است که می‌توان با به‌کارگیری آن مقاومت واقعی و درجای مصالح بکارگرفته شده در ساختمانها، از جمله بتن، ملات، آجر و سنگهای مصرفی را بطور مستقیم بدست آورد. به این دلیل عبارت «بطور مستقیم» بکار می‌رود چون قسمت بسیار کوچکی از مصالح مورد نظر شکسته شده و مقاومت آن به دست می‌آید. از بررسی‌های آزمایشگاهی و مطالعات درجای بعمل آمده، روش «پیچش» بعنوان روشی کم‌هزینه و مطمئن (دقت بالا) برای اندازه‌گیری مقاومت درجای مصالح در ساختمان‌ها پیشنهاد می‌گردد. همچنین، این روش می‌تواند با دقت قابل قبولی برای بررسی رفتار و دوام مصالح بکار رفته در بناها و نیز برای انتخاب بهینه مواد و مصالح جایگزین برای تعمیر و مرمت این‌گونه سازه‌ها بکار گرفته شود. از جمله امتیازات این روش می‌توان به سادگی روش، ارزانی و سادگی ابزار بکار گرفته شده، کم‌هزینه بودن آن، آسیب بسیار ناچیز بجا مانده و عدم نیاز به متخصص و یا نیروی ماهر اشاره نمود.

کلید واژگان: مقاومت درجا، مقاومت مصالح، روش پیچش، تعیین مقاومت.

۱- مقدمه

مواد و مصالح در تعمیر و مرمت، اطلاع از مقاومت واقعی مصالح بکار گرفته شده در بناها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱] و با توجه به اینکه شرایط آزمایشگاهی رایج در استفاده از روش‌های آزمایشگاهی با شرایط محیطی و بهره‌برداری این بناها کاملاً متفاوت می‌باشند، در سالهای اخیر کوشش‌های زیادی برای ابداع روش‌های درجا بعمل آمده

استفاده از مصالح مختلف در ساختمان‌ها سال‌های متمادی است که در جهان متداول می‌باشد. پر واضح است که کنترل کیفی هر کاری زمانی امکان‌پذیر است که ابزار و روش لازم برای تعیین کیفیت واقعی و درجای مصالح در اختیار باشد. لذا برای مطالعه رفتار و دوام و همچنین برای جایگزینی مناسب

از آن‌جا که موفقیت هر سیستم تعمیراتی اعمال شده به یک بنا بستگی تام به سازگاری آن سیستم با مصالح سازه مادر دارد [۴]، اطلاع از مقاومت درجای مصالح مادر از ضروری است. چون نه تنها در انتخاب اولیه، باید مقاومت مصالح تعمیراتی حداقل برابر مقاومت مصالح مادر باشد بلکه در مواردی نیز (بسته به تمرکز تنش‌های بارگذاری و یا دوام) باید بیش از آن باشد [۵].

بعلاوه در موارد مربوط به ساختمان‌های موجود، اطلاع از مقاومت موجود درجای ساختمان، امری کاملاً ضروری می‌باشد تا به کمک آن بتوان عملکرد مصالح بکار گرفته شده را مورد مطالعه و بررسی قرار داده و از این طریق عمر مفید بنا را افزایش داد.

۲- اهداف مطالعه

با اینکه طی سالهای متمادی از روشهای آزمایشگاهی برای تعیین مقاومت مصالح بکار گرفته شده در سازه‌ها استفاده می‌شود، ولی اغلب این روشها یا نتایج غیر مستقیم بدست می‌دهند که نیاز به تعبیر و تفسیر خاص دارند یا اینکه با آسیب زدن به قسمتی از ساختمان باید نمونه‌های آزمایشگاهی تهیه گردد که معمولاً هم پُرهزینه هستند و هم شرایط آزمایش با شرایط بهره‌برداری کاملاً متفاوت می‌باشد. لذا از دیرباز، دست‌اندرکاران به دنبال روش‌هایی بوده‌اند تا با استفاده از آنها بتوان مقاومت در جای مصالح بکارگرفته شده در این نوع بناها را به دست آورند.

از جمله مواردیکه اطلاع از مقاومت موجود مصالح در بناها کاملاً ضروری می‌باشد، زمان تعمیر و مرمت بناهای موجود می‌باشد چون سازگاری تنش‌ی مصالح جدید انتخابی با مصالح قدیمی و دوام هر دو، در شرایط محیطی و بهره‌برداری، در عملکرد موفق مرکب مصالح بکار گرفته شده از اهمیت بسزائی برخوردار می‌باشند [۶].

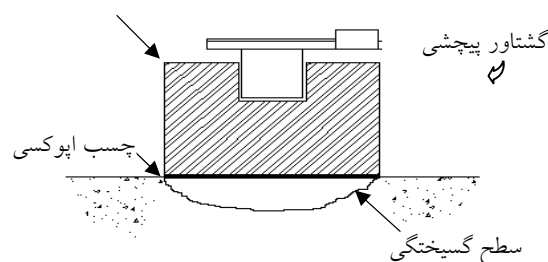
لذا به نظر می‌رسد در راستای اهداف یادشده، روش «پیچش» که مستقیماً مقاومت مصالح را در محل سرویس‌دهی‌شان با بکارگیری نیروی پیچشی اندازه‌گیری می‌نماید می‌تواند بسیار مفید واقع شود، بنابراین دو هدف عمده این مطالعه را می‌توان بشرح زیر بیان نمود:

است ولی در اغلب این روش‌ها، پارامترهایی بصورت غیرمستقیم اندازه‌گیری و سپس با استفاده از روابطی، مقاومت مصالح مورد نظر تخمین زده می‌شود [۲ و ۳].

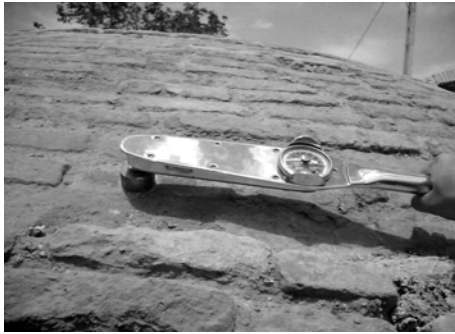
در روش «پیچش» که برای اولین بار در ایران ابداع گردیده و موضوع این مقاله می‌باشد، همانگونه که در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است، یک استوانه فلزی با قطر ϕ و ارتفاع $2/5$ سانتی‌متر بر روی سطحی که قرار است مقاومتش تعیین گردد چسبانده شده و پس از سفت شدن چسب اپوکسی بکار گرفته شده، با استفاده از گشتاور سنج معمولی که درون حفره از پیش تعبیه شده استوانه فلزی قرار داده میشود، با وارد آوردن تدریجی گشتاور پیچشی، استوانه یادشده در محل چسبانده شده ماده مورد نظر را بحالت شکست در آورده و با استفاده از منحنیهای کالیبراسیون، مقاومت مورد نظر (مثلاً فشاری) بدست می‌آید. با توجه به سادگی، کم هزینه بودن، ابزار ارزان و خرابی بسیار جزئی وارده به محل آزمایش، که از امتیازات این روش می‌باشد، کاربرد آن برای تعیین مقاومت مصالح بکار گرفته شده در ساختمان‌های جدید و بناهای موجود مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و نتایج بسیار رضایت بخشی حاصل شده است که در این مقاله ارائه شده است.

پس از آزمایش‌های اولیه و کسب نتایج رضایت‌بخش، مقرر گردید که بررسی‌ها ادامه یافته و نتایج بدست آمده در آزمایشگاه با نتایج حاصله از آزمایش‌های در جا (یعنی در محل ساختمان) مقایسه شود. به همین منظور تعداد زیادی آزمایش در آزمایشگاه انجام و در نتیجه روابط بین گشتاور پیچشی نهایی از یکطرف و مقاومت فشاری بتن، آجر و سنگهای مصرفی در ساختمان‌ها و ملات ماسه سیمان از طرف دیگر به دست آمد.

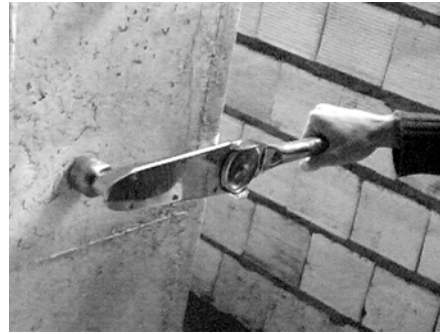
استوانه فلزی با قطر $\phi 40$ میلی‌متر



شکل ۱ آزمون «پیچش»



ب انجام آزمون «پیچش» برای تعیین مقاومت آجر دیوار در یک بنای قدیمی



الف انجام آزمون «پیچش» برای تعیین مقاومت درجای یک ستون بتنی

شکل ۲ نحوه انجام آزمون پیچش

دقت روش‌های موجود بیشتر و یا حداقل کمتر از آنها نباشد. به همین منظور ضریب تغییر نتایج به دست آمده مورد بررسی قرار گرفته و مشاهده گردید که متوسط ضرایب تغییر سری‌های مختلف آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌های بتنی ۸/۴۶ درصد می‌باشد که در مقایسه با نتایج روش‌های موجود متشابه در جا [۷]، بسیار رضایت‌بخش است.

۵- آزمایش‌های آزمایشگاهی

برای اینکه یک روش ابداعی مورد قبول و استقبال واقع شود باید علاوه بر کم هزینه بودن، سادگی و قابل استفاده بودن توسط افراد غیرمتخصص، از دقت لازم و قابلیت تکرار نیز برخوردار باشد. به همین دلیل با به‌کارگیری مصالح مختلف از قبیل بتن، آجرها، سنگها و ملاتهای مختلف، مقاومت رایج (اغلب فشاری) آنها همراه با رابطه آنها با گشتاور نهایی «پیچشی» بدست آمد.

برای پیروی از دستورالعمل‌های استاندارد شده، کلیه آزمایش‌های انجام گرفته بر اساس استانداردهای مربوطه صورت گرفته است. تمامی مقاومت‌های فشاری بدست آمده برای ملات و بتن، از انجام حداقل سه آزمایش بر روی نمونه‌های مکعبی استاندارد صورت گرفته است. همچنین مقاومت‌های فشاری سنگ‌های رایج در صنعت ساختمان از انجام حداقل سه آزمایش بر روی نمونه‌های استوانه‌ای با قطر پنج سانتی‌متر و ارتفاع ده سانتی‌متر که با

۱- بررسی عملکرد روش «پیچش» و کارایی آن برای اندازه‌گیری مقاومت مصالح در محل بهره‌برداری بنا.
۲- تعیین مقاومت مصالح بکار گرفته شده در بناهای موجود، جهت مطالعه پایانی و دوام مصالح مختلف و انتخاب بهینه مصالح جایگزین برای تعمیر و مرمت این‌گونه بناها.

۳- محاسبه مقاومت مصالح با روش پیچش

در روش «پیچش» یک قطعه فلزی با قطر ۴۰ و ارتفاع ۲۵ میلی‌متر بر روی قسمتی که قرار است مقاومت آن اندازه‌گیری گردد با استفاده از رزین اپوکسی چسبانده می‌شود. سپس با بکارگیری گشتاورسنج معمولی، بطور دستی به آن گشتاور وارد نموده و با افزایش تدریجی گشتاور، موجب کنده شدن استوانه فلزی از سطح یاد شده می‌شویم. با ثبت مقدار گشتاور ماکزیمم (یا شکست) با استفاده از رابطه موجود بین گشتاور نهایی و مقاومت مورد نظر، مقاومت جسم آزمایش شده را به دست می‌آوریم.

۴- دقت روش ابداعی پیچش

از مهمترین نکات یک روش که برای اندازه‌گیری پارامتری از یک سیستم بکار گرفته می‌شود، دقت نتایج به دست آمده می‌باشد. لذا یک روش جدید زمانی می‌تواند از مطلوبیت لازم برخوردار گردد که دقت نتایج حاصله از

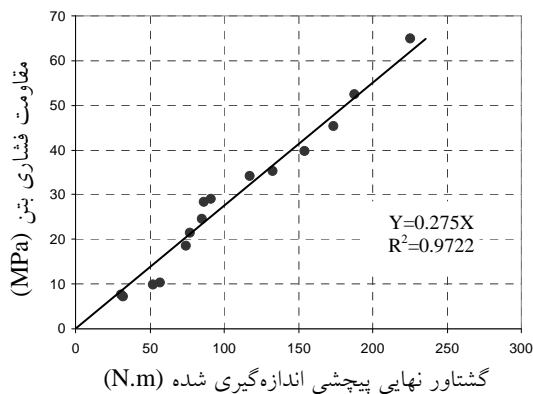
مقاومت‌های فشاری بتن، سنگ‌های مصرفی متداول در این نوع بناها، آجر فشاری و ملات‌های رایج، در مقابل مقاومت‌های حاصل از روش «پیچش» در شکل‌های (۵) تا (۸) رسم شده‌اند.



شکل ۳ تعیین مقاومت سنگ کف یک سازه قدیمی با روش «پیچش»



شکل ۴ تعیین مقاومت ملات ساروج نمای داخلی یک حمام قدیمی در دست مرمت با روش «پیچش»



گشتاور نهایی پیچشی اندازه‌گیری شده (N.m)

شکل ۵ نمودار رابطه بین مقاومت فشاری و گشتاور نهایی پیچشی بتن

بکارگیری مته‌های الماسه‌ای استخراج شده بودند، حاصل گردیده است.

لازم به ذکر است که برای بدست آوردن هر نقطه در روی منحنی‌ها، حداقل ۶ آزمایش «پیچش» انجام و معدل نتایج بکار گرفته شده است.

با استفاده از نتایج حاصل از این بخش از مطالعات، منحنی‌های کالیبراسیون مقاومت‌های بتن، ملات و سنگ‌های مصرفی در ساختمان‌ها در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده‌اند و می‌توان با بکارگیری این منحنی‌ها، گشتاور نهایی اندازه‌گیری شده در محل بنا را به مقاومت معادل فشاری تبدیل و ضمن مقایسه آنها با مقاومت‌های مصالح جدید، نسبت به پایداری و دوام بناها در مدت زمان بهره‌برداری اظهار نظر نمود.

۶- آزمایش‌های درجا (در محل سازه)

برای اطمینان از عملکرد روش «پیچش» در اندازه‌گیری مقاومت مصالح بکار گرفته شده در سازه‌های موجود (بتن، آجر، سنگ و ملات)، تعدادی آزمایش درجا بر روی بناهای موجود انجام گردید که همگی دلالت بر موفقیت کامل این روش جدید داشت و انجام آزمون‌های درجا مبین این مطلب بود که دقت و صحت نتایج آزمون پیچش در تعیین مقاومت در جای مصالح بسیار مناسب بوده و به‌سادگی و بدون نیاز به مهارت و برنامه‌ریزی قبلی می‌توان با صرف وقت و هزینه اندک، مقاومت واقعی سازه را در محل با دقتی بالا اندازه‌گیری نمود.

در این آزمایش‌های درجا، مقاومت مصالح بکار گرفته شده (بتن، آجر، سنگ و ملات) در یک ساختمان و یک حمام تاریخی که در حال مرمت می‌باشند به‌همراه مصالح جدید تعیین گردید که قسمت‌های مختلفی از بناهای یادشده در شکل‌های (۲) تا (۴) نشان داده شده‌اند.

۷- نتایج و تحلیل آنها

نظر به اهمیت و کاربرد وسیع مقاومت فشاری مصالح مصرفی در سازه‌ها، منحنی‌های کالیبراسیون مربوط به

به منظور بررسی و انتخاب بهترین خطی که با نقاط به دست آمده حاصل از انجام آزمون‌ها بیشترین تطابق را داشته باشد مدل‌هایی نظیر منحنی خطی ساده، مرتبه دوم، مرتبه سوم و توانی به دلیل همبستگی بیشتر انتخاب شد. جهت تحلیل مدل‌های انتخاب شده و تعیین بهترین خط همبستگی با نقاط به دست آمده، آزمون‌های آماری مطابق جدول (۱) انجام گردید.

از بررسی نتایج بر روی نمونه‌های بتنی مورد آزمون ملاحظه می‌گردد که متوسط ضریب تغییرات مقاومت فشاری نمونه‌های مورد آزمایش برابر ۵/۱۸ درصد می‌باشد و در مقابل متوسط ضریب تغییرات انجام آزمون‌های «پیچش» بر روی نمونه‌های مورد بررسی برابر ۸/۴۶ درصد است که این مقدار در مقایسه با سایر آزمون‌های درجا، که اکثراً دارای ضریب تغییرات بیشتری می‌باشند [۸] قابل توجه است.

جدول ۱ بررسی آماری نتایج حاصل از انجام آزمون پیچش بر روی نمونه‌های بتنی و مقایسه میان مدل‌های انتخابی

(خطی ساده، مرتبه دو، مرتبه سه و توانی)

مدل	R ²	F	Sig.F	Stand. error	ثابت معادله	مقدار ثابت معادله	T	Sig.T
y = ax + b	۰/۹۷۲۲	۴۵۶/۰۵ = _(۱,۱۳) F	۰/۰۰۰۰	۲/۹۶۳	a	۰/۲۸۸	۲۱/۳۵	۰/۰۰۰۰
					b	-۱/۸۸۲	-۱/۱۶	۰/۲۶۵۰
y = ax ² + bx + c	۰/۹۷۲۵	۲۱۲/۵۷ = _(۲,۱۲) F	۰/۰۰۰۰	۳/۰۶۹	a	۸/۵ * ۱۰ ^{-۵}	-۰/۳۴	۰/۷۳۹۱
					b	۰/۳۰۹	۴/۹۲	۰/۰۰۰۴
					c	-۲/۸۶۲	۰/۸۶	۰/۴۰۶۰
y = ax ³ + bx ² + cx + d	۰/۹۷۶۸	۱۵۴/۵۰ = _(۳,۱۱) F	۰/۰۰۰۰	۲/۹۴۶	a	۵/۸ * ۱۰ ^{-۶}	۱/۴۲	۰/۱۸۲۴
					b	-۲/۲ * ۱۰ ^{-۳}	-۱/۴۶	۰/۱۷۱۹
					c	۰/۵۴۰	۳/۱۲	۰/۰۰۹۷
					d	-۹/۴۶۷	-۱/۶۸	۰/۱۲۰۹
y = ax ^b	۰/۹۵۴۷	۲۷۴/۴۴ = _(۱,۱۳) F	۰/۰۰۰۰	۰/۱۵۵	a	۱/۱۳۹	۱۶/۵۶	۰/۰۰۰۰
					b	۰/۱۳۸	۳/۲۰	۰/۰۰۶۹

معنی دار می‌باشند. از بررسی آزمون اهمیت ضرایب ثابت (آزمون T) ملاحظه می‌گردد، تنها ضریب ثابتی که در تبیین مدل مرتبه سه نقش اساسی دارد ضریب ثابت متغیر X می‌باشد (T=۳/۱۲, P=۰/۰۰۹۷ < ۰/۰۵) لذا شکل اثرگذار مدل مرتبه سه تا حدود زیادی شبیه به مدل خطی ساده خواهد بود. بنابراین با توجه به اختلاف ناچیز ۰/۴ درصدی در ضرایب تعیین و سادگی استفاده در تخمین مقاومت‌های معادل فشاری (که برای تعیین مقاومت مصالح رایج است) می‌توان به خوبی از مدل خطی ساده استفاده کرد.

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که یک همبستگی خطی با شدت r=۰/۹۸۶ میان نتایج مقاومت

همچنین در این تحلیل‌ها، برای تعیین معادله کالیبراسیونی که از طریق آن بتوان مقادیر حاصل از مقاومت فشاری را با توجه به مقادیر گشتاور نهایی پیچشی اندازه‌گیری شده تعیین نمود، میانگین مقاومت فشاری حاصل از آزمون فشاری مکعب بتنی، به عنوان پارامتر وابسته (Y) و میانگین گشتاور پیچشی متناظر، به عنوان پارامتر مستقل (X) در نظر گرفته شد. ملاحظه می‌گردد بزرگترین ضریب تعیین مربوط به مدل مرتبه سه و برابر ۰/۹۷۶ می‌باشد. همچنین ضریب تعیین مدل‌های مرتبه دو و خطی دارای اختلاف ۰/۴ درصدی با ضریب تعیین مدل مرتبه سه و برابر با ۰/۹۷۲ می‌باشند. آزمون اهمیت ضرایب تعیین (آزمون F) نشان می‌دهد که تمامی مدل‌های انتخاب شده

فشاری نمونه‌های مکعب بتنی و گشتاور پیچشی متناظر، وجود دارد. لذا می‌توان انتظار داشت تقریباً ۹۸ درصد از تغییرات گشتاور پیچشی، یک ارتباط خطی مستقیم با تغییر مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی داشته باشد.

برای تعیین منحنی کالیبراسیون جهت پیش‌بینی مقادیر مقاومت فشاری از طریق اندازه‌گیری گشتاور نهایی پیچشی، بر اساس مدل انتخابی (خط ساده)، معادله کالیبراسیون به صورت $y=ax$ انتخاب و تحلیل‌های آماری صورت پذیرفت. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد که شدت همبستگی منحنی میان نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی و گشتاور پیچشی متناظر، در این مدل برابر $r=0/976$ است. با توجه به اختلاف $1/01$ درصدی میان ضرایب همبستگی منحنی کالیبراسیون انتخابی و مدل خطی ساده و با توجه به اینکه مطابق جدول ۱ مقدار عدد ثابت مدل خطی ساده معنی دار نمی‌باشد، ($T = -1/16$, $P = 0/26$) لذا می‌توان در صورت به کارگیری روش پیچش، مقدار گشتاور نهایی پیچشی اندازه‌گیری شده بر حسب نیوتن - متر را جهت تبدیل به مقاومت فشاری مکعب بتنی 150 میلیمتری، در ضریب $0/275$ ضرب کرده و مقدار مورد نظر را (بر حسب مگاپاسگال) به دست آورد.

همچنین منحنی‌های کالیبراسیون مربوط به مقاومت‌های فشاری سنگهای مصرفی متداول در این نوع بناها، آجر و ملاتهای رایج، در مقابل گشتاور نهایی حاصل از روش «پیچش» در شکل‌های (۶) تا (۸) رسم شده‌اند.

همانگونه که از نتایج تحلیل‌های آماری نشان داده شده روی این شکل‌ها مشخص است، ضرایب همبستگی منحنی ترسیمی بین مقاومت‌های فشاری ملات و گشتاور نهایی پیچشی آن برابر $0/951$ می‌باشد و این ضریب برای منحنی ترسیمی رابطه بین مقاومت فشاری سنگ‌های رایج مصرفی و گشتاور نهایی پیچشی آن برابر $0/805$ بوده و همچنین این مقدار برای رابطه بین مقاومت فشاری آجر فشاری معمولی و گشتاور نهایی پیچشی آن برابر $0/888$ محاسبه شده که بیانگر رابطه خوب بین پارامترهای

یادشده بوده و می‌توان با استفاده از این روابط با در دست داشتن یکی، دیگری را به دست آورد.

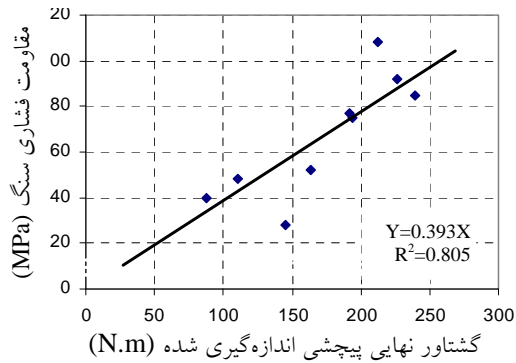
بررسی‌های بیشتر این شکل‌ها نشان می‌دهد که دامنه مقاومت‌های اندازه‌گیری شده به حدی است که با استفاده از این روش می‌توان علاوه بر تعیین مقاومت‌های مصالح اولیه به کار گرفته شده در سازه، مقاومت‌های مصالح جدید را نیز اندازه‌گیری نموده و با مقایسه کیفیت و قیمت، نسبت به انتخاب بهینه این مصالح با توجه به مقاومت موجود و مورد نیاز یک بنا اقدام نمود.

شکل (۵) که نشان‌دهنده رابطه بین گشتاور نهایی اعمال شده و مقاومت فشاری بتن می‌باشد، با بکارگیری مکعب‌های بتنی با مقاومت‌های مختلف و انجام حداقل نه آزمایش پیچش و سه آزمایش فشاری بدست آمده است. اگر چه ممکن است در ساختمانهای موجود در ایران، از بتن یا ویژگیهای فعلیش استفاده نشده باشد اما بدلیل کاربرد گسترده آن در صنعت ساختمان، اطلاع از این رابطه بسیار ضروری است تا بتوان از همسنگی و دوام مصالح قدیمی و جدید جایگزین اطمینان حاصل نمود.

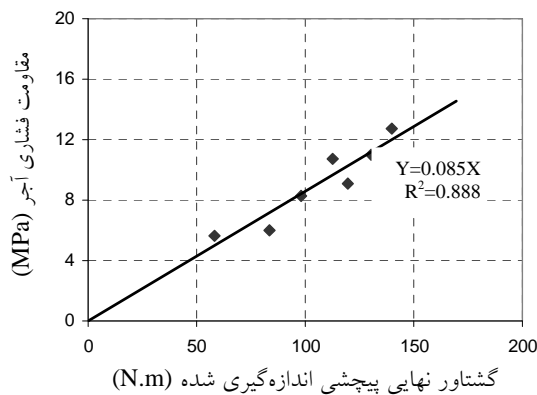
از آنجا که ملات با خصوصیات مختلفش در سازه‌های قدیمی کاربرد وسیعی داشته، برای بکارگیری روش «پیچش» ضرورت ایجاب می‌کند تا رابطه بین مقاومت فشاری ملات‌ها، که در سازه‌های بنایی رایج است، با گشتاور نهایی پیچشی آنها معلوم گردد.

با اینکه منحنی شکل (۶) از انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی روی نمونه‌های آزمایشگاهی به دست آمده است، اما بدلیل اینکه مطالعات انجام شده روی ملات‌های با عوامل تشکیل‌دهنده مختلف، بیانگر روابط متشابه فیما بین با مقاومت‌های فشاری و برشی حاصل از پیچش (مستتر در آزمایش «پیچش») می‌باشد، می‌توان برای ملات‌هایی مثل ساروج نیز از این رابطه استفاده نمود، بدون اینکه خلل چندانی در دقت نتایج داشته باشد.

نکته قابل ذکر دیگر اینکه، شکل (۷) که رابطه بین مقاومت فشاری و گشتاور نهایی حاصل از آزمون پیچش سنگ‌های رایج مصرفی در صنعت ساختمان را به تصویر

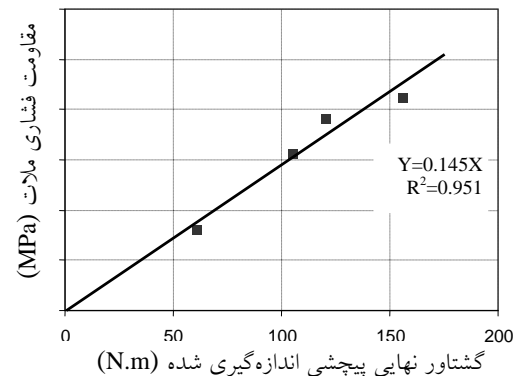


شکل ۷ نمودار رابطه بین گشتاور نهایی پیچشی و مقاومت فشاری برای سنگ‌های مورد آزمون

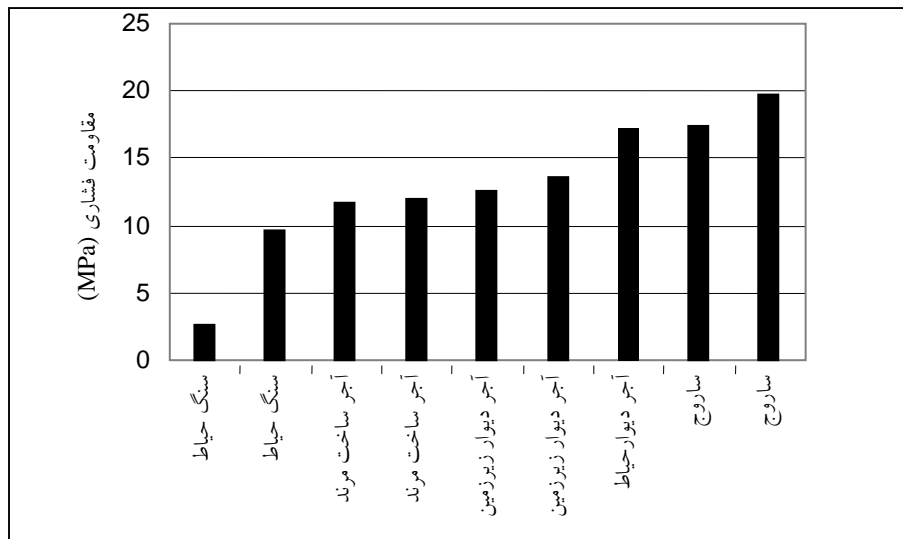


شکل ۸ نمودار رابطه بین مقاومت فشاری آجر و گشتاور نهایی پیچشی حاصل از آزمون پیچش

کشیده است با استفاده از سنگ‌های ماسه سنگ، آندزیت، کوارتزیت، دولومیت، کنگلومریت و آهکی بدست آمده است. مقاومت‌های فشاری این سنگها با استفاده از مغزه‌گیری در آزمایشگاه صورت گرفته تا دقت نتایج به حداکثر برسد. همچنین در شکل (۸) که بیانگر رابطه بین مقاومت فشاری و گشتاور نهایی حاصل از آزمون پیچش بر روی نمونه‌های آجر فشاری معمولی می‌باشد، به‌منظور مطالعه وسیعتر، از آجر فشاری معمولی با گستره مقاومتی و سنین متفاوت استفاده شده است.



شکل ۶ نمودار رابطه بین مقاومت پیچشی و مقاومت فشاری ملات



شکل ۹ مقاومت‌های فشاری معادل حاصل از انجام آزمایش‌های «پیچش» بر روی مصالح قدیمی و جدید یک ساختمان و حمام قدیمی

۱- با بکارگیری روش «پیچش» که یک روش درجا است می‌توان مقاومت واقعی مصالح بکار گرفته شده در ساختمانها را با هزینه بسیار کم و دقت بالا به دست آورد.

۲- از آنجا که اطلاع از مقاومت واقعی مصالح مصرفی در بناها تحت شرایط بهره‌برداری حائز اهمیت بسیار می‌باشد، بکارگیری روش «پیچش» که قادر به تعیین مقاومت واقعی و در جای ساختمان‌هاست توصیه می‌شود.

۳- از روش «پیچش» میتوان برای مطالعه تاثیر عوامل محیطی و بهره‌برداری در شرایط آزمایشگاهی و درجا استفاده نموده و با توجه به اینکه این روش مقاومت واقعی را بطور مستقیم و نه با استفاده از پارامترهای تاثیرگذار اندازه‌گیری می‌نماید، نتایج حاصله می‌تواند در تدوین روش‌های نوین طراحی و انتخاب مصالح تعمیراتی و بازسازی بطور مؤثری مورد استفاده قرار گیرد.

۴- از روش «پیچش» میتوان تاثیر عوامل مخرب بر عمر مفید بناهای قدیمی را با اندازه‌گیری مقاومت واقعی و در جای آنها در محل بهره‌برداری مطالعه نمود.

۵- از روش «پیچش» میتوان کیفیت کارهای انجام شده را با توجه به نقش عوامل طراحی و اجرایی ارزیابی نموده و با در نظر گرفتن شرایط محیطی و بهره‌برداری، مقادیر بهینه عوامل یاد شده را تعریف نمود.

همانگونه که قبلا اشاره گردید، روش «پیچش» برای تعیین مقاومت در جای مصالح مصرفی در دو بنای تاریخی یعنی یک ساختمان قدیمی و یک حمام قدیمی که در حال مرمت می‌باشند بکار گرفته شد که نتایج حاصله در شکل ۹ نشان داده شده است. با توجه به مقاومت‌های نشان داده شده در شکل ۹ می‌توان مشاهده نمود که مقاومت‌های سنگ‌های مصرفی در صحن حیاط (که از قرار معلوم تراورتن می‌باشند) بدلیل هوازدگی کاهش چشمگیری یافته، در صورتیکه آجرهای مورد آزمایش قرار گرفته، مقاومت بیشتری از خود نشان داده‌اند. نکته حایز اهمیت در شکل ۹ مقایسه مقاومت‌های دو نوع آجر جدید و قدیم می‌باشد که با توجه به انتخاب آجر مرند برای جایگزینی آجرهای قبلی در بعضی از قسمت‌های بناهای یادشده، مشاهده می‌گردد که مقاومت فعلی (یعنی قبل از هرگونه تاثیر محیطی) آجر نو از مقاومت آجر قدیم کمتر می‌باشد. حال سؤال اینست که آیا با اطلاع از مقاومت‌های دو نوع آجر یاد شده همین تصمیم اتخاذ می‌شود؟

۸- نتیجه‌گیری

از نتایج مطالعات آزمایشگاهی و در جا که در این مقاله ارائه گردیده است می‌توان نتیجه‌گیری نمود که:

۹- منابع

- [1] Martin E., Conserving Buildings, A Manual of Techniques and Materials, New York, John Wiley & Sons, 1997; pp 33-69.
- [2] Wiggenhauser H., Research in non-destructive testing in civil engineering, Tokyo, Japan, 2001; pp 23-39.
- [3] Sansalone M.J., and Streett W.B., Impact-echo, non-destructive evaluation of concrete and masonry, Bullbrier Press, Ithaca, N.Y., 1997; pp 1-340.
- [4] Busse G., Technology and Concepts for The Repair of Concrete, Epoxy Adhesives and Mortars, Zurich, Switzerland, 2001; pp 1-43.
- [5] Hand Book on Repair and Rehabilitation of RCC Buildings CPWD, Mayapuri, New Delhi, First Published in 2002, Chapter 3, pp 13-28.
- [6] Alostaz A., Diagonostic Evaluation and Repair of Deteriorated Concrete Bridges, D.E.P. University, Mississippi, December 2004; pp 103-289.
- [7] Guide Book on Non Destructive Testing of Concrete Structures, Training Course Series, No.17, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002; pp 1-78 and 100-129.
- [8] Malhotra V.M., Testing Hardened Concrete Nondestructive Methods, ACI Monograph No.9, American Concrete Institute, Detroit, 2003; Chapter 1-8.