بررسی اثرات جایگزینی مقادیر مختلف آهک با مقداری از سیمان در مقاومت بتن

طالب مرادی شقاقی
استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز- تبریز، ایران
ta.moradi@iaut.ac.ir
بهرام محمدپور
دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
مهسا مرادی شقاقی
دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه تبریز
حامد غفارزاده
دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه علم و فن ارومیه
منصور کیوانی
دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۸/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله:۱۳۸۹/۱/۳۱)

چکیده

با توجه به مصرف زیاد سیمان در کارهای عمرانی و کم بودن مقدار تولید سیمان نسبت به مصرف، همه ساله در فصل کاری تعداد زیادی از پروژه ها به علت کمبود سیمان، مدتی تعطیل می شوند و این امر خسارات قابل توجهی به پروژهای عمرانی تحمیل میکند. آهک به عنوان جایگزین قسمتی از سیمان در بتن می تواند مصرف سیمان را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد، خوشبختانه در کشور ما معادن غنی از آهک وجود دارد و یکی از مواد اولیه تولید سیمان محسوب می شود. بنابراین در این تحقیق اثرات آهک بعنوان جایگزین قسمتی از سیمان در مقاومت فشاری بتن مورد بررسی قرار میگیرد و مقدار بهینه مصرف آهک تعیین می گردد. برای بررسی اثرات آهک بعنوان جایگزین قسمتی از سیمان در بتن، برای سه رده بتن، C20 ، C25 و C30 و در هر رده برای مقادیر آهک ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی سیمان و برای نسبتهای آب به سیمان ۰/٤۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/٦ نمونه های مکعبی ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتر تهیه گردید. این نمونه ها بعد از عمل آوردن در شرایط آزمایشگاهی، در سن ۲۸ روزه تحت آزمایش فشاری قرار گرفته و نتایج حاصل مورد بررسی قرار گرفت.برای هر رده بتن و در نسبتهای آب به سیمان مختلف یک نمونه بدون آهک بعنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. در کل تعداد ۱٦۸ نمونه مورد آزمایش و بررسی قرار گرفتند.

کلید واژه ها: مقاومت فشاری بتن، نسبت آب به سیمان، آهک بعنوان جایگزین قسمتی از سیمان در بتن، کارآیی بتن

۱- مقدمه

در کشور ما با توجه به ساخت و سازهای زیاد و مصرف زیاد سیمان و کم بودن مقدار تولید نسبت به مصرف، همه ساله در فصل کاری تعداد زیادی از پروژه ها به علت کمبود سیمان، مدتی تعطیل می شوند و این امر باعث افزایش قابل توجه در هزینه های کارهای عمرانی کشور می گردد، آهک به عنوان جایگزین قسمتی از سیمان در بتن می تواند مصرف سیمان را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد، خوشبختانه در کشور ما معادن غنی از آهک وجود دارد و یکی از مواد اولیه تولید سیمان محسوب می شود . همچنین بر اساس آمار موجود در سال ۸۵ حدود ۷۵ میلیون متر مکعب در کشور ما بتن تولید شده است که برای این مقدار بتن هزینه ای معادل ۲۰۰۰ میلیارد تومان صرف شده است که این نشانگر نقش ویژه بتن در روند توسعه پایدار کشور است، برای تولید این مقدار بتن حدود ۲۲ میلیون تن سیمان مصرف شده است که اگر صرفه جویی در حدود حتی ۵ درصد در مصرف سیمان شود، سالانه ۱/۱ میلیون تن در مصرف سیمان صرفه جویی می شود. بنابراین لازم و ضروری است جهت جایگزینی قسمتی از سیمان در بتن با مواد پوزولانی و ... بررسیها و مطالعات اساسی صورت گیرد.

در این تحقیق اثرات آهک بعنوان جایگزین قسمتی از سیمان در مقاومت فشاری بتن مورد بررسی قرار میگیرد و مقدار بهینه مصرف آهک تعیین میگردد.

در این بررسیها برای سه رده بتن، C20 ، C25 و C30 و در هر رده برای مقادیر آهک ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی سیمان و برای نسبتهای آب به سیمان ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ نمونه های مکعبی ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتر تهیه گردید. این نمونه ها بعد از عمل آوردن در شرایط آزمایشگاهی، در سن ۲۸ روزه در آزمایشگاه بتن دانشگاه آزاد اسلامی تبریز تحت آزمایش فشاری قرار گرفته و نتایج حاصل مورد بررسی قرار گرفت. برای هر رده بتن و در نسبتهای آب به سیمان مختلف یک نمونه بدون آهک بعنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. در کل تعداد ۱۶۸ نمونه مورد آزمایش و بررسی قرار گرفتند.

۲- مشخصات مصالح مصرفی

مصالح سنگی از نوع مصالح طبیعی آذربایجان و سیمان از نوع سیمان پرتلند نوع دو کارخانه سیمان صوفیان و آهک مصرفی آهک کیسه ای تهیه شده از معادن آهک آذربایجان در ساخت بتن استفاده گردید. با توجه به اینکه شن مورد استفاده در ساخت بتن دارای ناخالصی های طبیعی مثل خاک رس بود، لذا یک روز قبل از مصرف کاملا شسته شده و بعد از خشک شدن کامل مورد استفاده قرار گرفت. همچنین آهک مورد استفاده نیز به علت دارا بودن کلوخه های آهک ابتدا خرد، سپس از الک نمره ۸ گذشته و استفاده گردید.لازم به ذکر است که آب مصرفی نیز آب آشامیدنی می باشد.

مشخصات سنگدانه ها در جدول (۱) و دانه بندی سنگدانه های مصرفی در جدول (۲)آمده است.

جدول ۱- مشخصات سنگدانه ها

وزن مخصوص شن	۱۶۳۰ kg/m³
وزن مخصوص ماسه	۱۶۵۰ kg/m³
مدول نرمی ماسه	۳

۳- طرح اختلاط نمونه ها

برای انجام آزمایشات لازم و بررسی فرضیات طرح ، برای سه نوع بتن در نظر گرفته شده C25،C20، و C30، طرحهای اختلاط بتن طبق طرح اختلاط وزنی، آئین نامه ACI اقدام گردیده و بعد از انجام آزمایشات، اصلاحات لازم در طرح اختلاط برای سه نوع بتن فوق الاشاره انجام شد [۲،۱]. برای محاسبه طرح اختلاط بتن عدد اسلامپ ۵-۷ سانتیمتر لحاظ شده و آب اختلاط مورد نیاز با توجه به اینکه بتن مورد نظر بتن بدون حباب هوا و حداکثر اندازه سنگدانه ها ۲۵ میلیمتر می باشد میزان آب مورد نیاز با توجه به جدول (۹-۲) مرجع شماره [۱] بدست می آید. با در نظر گرفتن مقاومت فشاری متوسط سه رده بتن مورد نظر (f_c+8) Mpa نسبت آب به سیمان از جدول (۹- ۳) مرجع شماره [۱] و [۳] بدست می آید. البته لازم به ذکر است که این نسبت آب به سیمان، نسبت آب به سیمان نهایی نیست چون در آزمایشگاه و بعد از انجام آزمایش اسلامپ و تعیین رطوبت دانه ها نسبت نهایی تعیین می شود.

با توجه به نسبت وزنی آب به سیمان و مقدار آب، مقدار سیمان لازم برای هرسه نوع بتن محاسبه می گردد.

جهت بررسی تغییرات مقاومت نمونه ها نسبت به W/C (نسبت آب به سیمان) مقدار W/C محاسبه شده بر اساس مقاومت فشاری متوسط بتن، تغییر داده شده و بر اساس W/C مقرر مقدار سیمان در نمونه ها محاسبه گردیده است. بر حسب حداکثر اندازه دانه ها و مدول نرمی ماسه، حجم شن در واحد حجم بتن از جدول (۹-۵) مرجع شماره [۱] بدست می آید.

از حاصلضرب رقم بدست آمده از جدول ، در وزن مخصوص شن اشباع با سطح خشک میله خورده (بر اساس استاندار C۲۹، ASTM)[۴]، می توان وزن شن (بر حسب کیلوگرم) در یک متر مکعب بتن را بدست آورد. با توجه به حداکثر اندازه دانه ها در نمونه های این طرح پژوهشی(۲۵ میلیمتر) و مدول نرمی ماسه (۳)، حجم شن مورد نیاز در واحد حجم بتن ۰/۶۵ بدست می آید. وزن مخصوص شن با سطح خشک برابر۱۷۰۰ kg/m³ می باشد (در آزمایشگاه بدست آمده است).

با استفاده از جدول (۹ -۶) مرجع شماره [۱] و با توجه به حداکثر اندازه دانه ها، وزن مخصوص بتن تازه بدست می آید.

وزن ماسه اشباع با سطح خشک از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$Ws = D_C - (Wg + Wc + Ww)$$

وزن شن و ماسه در صورت متفاوت بودن رطوبت سنگدانه ها با رطوبت اشباع با سطح خشک بایستی اصلاح گردد. همچنین مقدار آب لازم با در نظر گرفتن رطوبت سنگدانه ها لازم است اصلاح شود.D_C وزن مخصوص بتن تازه ، Wg وزن شن ، Wc وزن سیمان و Ww وزن آب در یک مترمکعب بتن می باشد.

نسبتهای اختلاط بتن برای هر سه نوع بتن در نسبتهای مختلف آب به سیمان محاسبه و در جداول (۳) و(۴) و (۵) آمده است[۴و۵].

در این جداول $L(\%)$ ، مقدار آهک بصورت درصدی از وزن سیمان و $L(kg)$، مقدار آهک بعنوان جایگزین قسمتی از سیمان برحسب کیلو گرم ، Gb و Gn به ترتیب مقدار شن بادامی (سایز ۲۵-۱۸ میلیمتر) و شن نخودی (سایز۱۸ -۸ میلیمتر)، S مقدار ماسه، C مقدار سیمان، W مقدار آب بر حسب کیلوگرم و D_C وزن مخصوص بتن تازه برحسب kg/m^3 می باشد.

٤- دستگاه آزمایش

دستگاهی که برای شکستن نمونه های تهیه شده و بررسی نتایج آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفته است، جک بتن شکن کامپیوتری ELE ، ۲۰۰ تنی ساخت انگلستان آزمایشگاه تکنولوژی بتن دانشگاه آزاد اسلامی تبریز می باشد تصویر دستگاه بتن شکن در شکل(۱) نشان داده شده است.

۵- نتایج آزمایشهای نمونه ها

نمونه های مورد آزمایش در سن ۲۸ روزه تحت آزمایش فشاری قرار گرفتند.نتایج نمونه ها در جداول (۶) و (۷) و (۸) و شکلهای (۲) و (۳) و (۴) آورده شده است.نمونه های بدون آهک بعنوان نمونه شاهد می باشند و درصد کاهش و یا افزایش مقاومت نمونه ها در اثر جایگزینی آهک بعنوان قسمتی از سیمان ،در ستون آخر جداول آمده است.در جداول و شکلهای فوق الذکر f_{cc} مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتر (متوسط دو نمونه) در سن ۲۸ روزه می باشد.

۵-۱- اثر آهک بر مقاومت فشاری بتن

نتایج حاصل از آزمایش نمونه ها نشان می دهند،جایگزینی مقداری از سیمان با آهک باعث کاهش مقاومت فشاری بتن می گردد و این کاهش با افزایش مقدار آهک جایگزین سیمان افزایش می یابد. در اکثر نمونه ها ،کاهش مقاومت فشاری نمونه با جایگزینی ۲/۵ تا ۷/۵ درصد وزنی سیمان با آهک زیاد محسوس نمی باشد ولی در درصد های بالاتر ،مقدار کاهش مقاومت قابل توجه است.

هر چند با جایگزینی قسمتی از سیمان بتن با آهک، از مقاومت فشاری بتن کاسته می شود، اما این کاهش مقاومت در مقادیر آهک ۲/۵ الی ۷/۵ درصد وزن سیمان به اندازه ای نیست که قابل جبران نباشد. حتی در مقدار آهک برابر ۱۰ درصد وزن سیمان با کاهش نسبت آب به سیمان می توان مقدار زیادی کاهش مقاومت فشاری را جبران نمود.

شکل ۱- دستگاه بتن شکن مورد استفاده

۵-۲- اثر نسبت W/C بر مقاومت فشاری بتن

نتایج آزمایشات نمونه ها در نسبتهای مختلف آب به سیمان نشان می دهند، با کاهش W/C کاهش مقاومت جبران می گردد. استفاده از آهک به عنوان جایگزین قسمتی از سیمان مقداری کارایی بتن را که با کاهش W/C ، کم می شود، بهبود میدهد. در بعضی نمونه ها با آهک و کاهش W/C مقاومت فشاری بیشتر از نمونه شاهد بدست آمده است. بنابرین اگر مقدار آهک در محدوده مشخصی بعنوان جایگزین قسمتی از سیمان در بتن بکار برده شود می توان در مصرف سیمان در حد قابل توجهی صرفه جویی نمود[۶ و۷].

جدول ۲- دانه بندی سنگدانه های مصرفی در بتن نمونه ها

شماره الک	اندازه (میلیمتر)	مانده روی الک (گرم)	مانده روی الک (درصد)	درصد تجمعی مانده روی الک	درصد گذرانده از الک
۱	۲۵	۰	۰	۰	۱۰۰
۰/۷۵	۱۹	۷۰	۲/۸	۲/۸	۹۷/۲
۰/۵	۱۲۵	۲۳۰	۹/۲	۱۲	۸۸
۰/۳۷۵	۹۵	۲۲۰	۸/۸	۲۰/۸	۷۹/۲
۴	۴/۷۵	۴۵۰	۱۸	۳۸/۸	۶۱/۲
۱۰	۲	۳۶۰	۱۴/۴	۵۳/۲	۴۶/۸
۱۶	۱/۱۸	۲۳۰	۹/۲	۶۲/۴	۳۷/۶
۳۰	۰/۶	۲۹۰	۱۱/۶	۷۴	۲۶
۵۰	۰/۳	۲۴۰	۹/۶	۸۳/۶	۱۶/۴
۱۰۰	۰/۱۵	۱۳۰	۵/۲	۸۸/۸	۱۱/۲
۲۰۰	۰/۰۷۵	۲۸۰	۱۱/۲	۱۰۰	۰

جدول۳- نسبتهای اختلاط برای یک متر مکعب بتن C20

W/C= ۰/۴۵								
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S64	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۸۱۲	۳۱۶	۱۴۲	۲۳۷۵
S65	۲/۵	۸	۶۶۳	۴۴۲	۸۱۲	۳۰۸	۱۴۲	۲۳۷۵
S66	۵	۱۶	۶۶۳	۴۴۲	۸۱۲	۳۰۰	۱۴۲	۲۳۷۵
S67	۷/۵	۲۴	۶۶۳	۴۴۲	۸۱۲	۲۹۲	۱۴۲	۲۳۷۵
S68	۱۰	۳۲	۶۶۳	۴۴۲	۸۱۲	۲۸۴	۱۴۲	۲۳۷۵
S69	۱۵	۴۷	۶۶۳	۴۴۲	۸۱۲	۲۶۹	۱۴۲	۲۳۷۵
S70	۲۰	۶۳	۶۶۳	۴۴۲	۸۱۲	۲۵۳	۱۴۲	۲۳۷۵
W/C= ۰/۵۰								
نمونه ها	**L(%)**	**L(kg)**	**Gb(kg)**	**Gn(kg)**	**S(kg)**	**C(kg)**	**W kg)**	**Dc**
S71	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۷۹۶	۳۱۶	۱۵۸	۲۳۷۵
S72	۲/۵	۸	۶۶۳	۴۴۲	۷۹۶	۳۰۸	۱۸۵	۲۳۷۵
S73	۵	۱۶	۶۶۳	۴۴۲	۷۹۶	۳۰۰	۱۵۸	۲۳۷۵
S74	۷/۵	۲۴	۶۶۳	۴۴۲	۷۹۶	۲۹۲	۱۵۸	۲۳۷۵
S75	۱۰	۳۲	۶۶۳	۴۴۲	۷۹۶	۲۸۴	۱۵۸	۲۳۷۵
S76	۱۵	۴۷	۶۶۳	۴۴۲	۷۹۶	۲۶۹	۱۵۸	۲۳۷۵
S77	۲۰	۶۳	۶۶۳	۴۴۲	۷۹۶	۲۵۳	۱۵۸	۲۳۷۵
W/C= ۰/۵۵								
نمونه ها	**L(%)**	**L(kg)**	**Gb(kg)**	**Gn(kg)**	**S(kg)**	**C(kg)**	**W(kg)**	**Dc**
S57	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۷۷۴	۳۱۶	۱۸۰	۲۳۷۵
S58	۲/۵	۸	۶۶۳	۴۴۲	۷۷۴	۳۰۸	۱۸۰	۲۳۷۵
S59	۵	۲۶	۶۶۳	۴۴۲	۷۷۴	۳۰۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S60	۷/۵	۲۴	۶۶۳	۴۴۲	۷۷۴	۲۹۲	۱۸۰	۲۳۷۵
S61	۱۰	۳۲	۶۶۳	۴۴۲	۷۷۴	۲۸۴	۱۸۰	۲۳۷۵
S62	۱۵	۴۷	۶۶۳	۴۴۲	۷۷۴	۲۶۹	۱۸۰	۲۳۷۵
S63	۲۰	۶۳	۶۶۳	۴۴۲	۷۷۴	۲۵۳	۱۸۰	۲۳۷۵
W/C= ۰/٦۰								
نمونه ها	**L(%)**	**L(kg)**	**Gb(kg)**	**Gn(kg)**	**S(kg)**	**C(kg)**	**W(kg)**	**Dc**
S78	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۷۶۴	۳۱۶	۱۹۰	۲۳۷۵
S79	۲/۵	۸	۶۶۳	۴۴۲	۷۶۴	۳۰۹	۱۹۰	۲۳۷۵
S80	۵	۲۶	۶۶۳	۴۴۲	۷۶۴	۳۰۰	۱۹۰	۲۳۷۵
S81	۷/۵	۲۴	۶۶۳	۴۴۲	۷۶۴	۲۹۲	۱۹۰	۲۳۷۵
S82	۱۰	۳۲	۶۶۳	۴۴۲	۷۶۴	۲۸۴	۱۹۰	۲۳۷۵
S83	۱۵	۴۷	۶۶۳	۴۴۲	۷۶۴	۲۶۹	۱۹۰	۲۳۷۵
S84	۲۰	۶۳	۶۶۳	۴۴۲	۷۶۴	۲۵۳	۱۹۰	۲۳۷۵

جدول۴- نسبتهای اختلاط برای یک متر مکعب بتن C۲۵

W/C= ۰/٤٥								
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S8	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۷۴۸	۳۶۰	۱۶۲	۲۳۷۵
S9	۲/۵	۹	۶۶۳	۴۴۲	۷۴۸	۳۵۱	۱۶۲	۲۳۷۵
S10	۵	۱۸	۶۶۳	۴۴۲	۷۴۸	۳۴۲	۱۶۲	۲۳۷۵
S11	۷/۵	۲۷	۶۶۳	۴۴۲	۷۴۸	۳۳۳	۱۶۲	۲۳۷۵
S12	۱۰	۳۶	۶۶۳	۴۴۲	۷۴۸	۳۲۴	۱۶۲	۲۳۷۵
S13	۱۵	۵۴	۶۶۳	۴۴۲	۷۴۸	۳۰۶	۱۶۲	۲۳۷۵
S14	۲۰	۷۲	۶۶۳	۴۴۲	۷۴۸	۲۸۸	۱۶۲	۲۳۷۵
W/C= ۰/۵۰								
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S15	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۷۳۰	۳۶۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S16	۲/۵	۹	۶۶۳	۴۴۲	۷۳۰	۳۵۱	۱۸۰	۲۳۷۵
S17	۵	۱۸	۶۶۳	۴۴۲	۷۳۰	۳۴۲	۱۸۰	۲۳۷۵
S18	۷/۵	۲۷	۶۶۳	۴۴۲	۷۳۰	۳۳۳	۱۸۰	۲۳۷۵
S19	۱۰	۳۶	۶۶۳	۴۴۲	۷۳۰	۳۲۴	۱۸۰	۲۳۷۵
S20	۱۵	۵۴	۶۶۳	۴۴۲	۷۳۰	۳۰۶	۱۸۰	۲۳۷۵
W/C= ۰/۵۵								
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S1	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۷۱۲	۳۶۰	۱۹۸	۲۳۷۵
S2	۲/۵	۹	۶۶۳	۴۴۲	۷۱۲	۳۵۱	۱۹۸	۲۳۷۵
S3	۵	۱۸	۶۶۳	۴۴۲	۷۱۲	۳۴۲	۱۹۸	۲۳۷۵
S4	۷/۵	۲۷	۶۶۳	۴۴۲	۷۱۲	۳۳۳	۱۹۸	۲۳۷۵
S5	۱۰	۳۶	۶۶۳	۴۴۲	۷۱۲	۳۲۴	۱۹۸	۲۳۷۵
S6	۱۵	۵۴	۶۶۳	۴۴۲	۷۱۲	۳۰۶	۱۹۸	۲۳۷۵
S7	۲۰	۷۲	۶۶۳	۴۴۲	۷۱۲	۲۸۸	۱۹۸	۲۳۷۵
W/C= ۰/٦۰								
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S22	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۴	۳۶۰	۲۱۶	۲۳۷۵
S23	۲/۵	۹	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۴	۳۵۱	۲۱۶	۲۳۷۵
S24	۵	۱۸	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۴	۳۴۲	۲۱۶	۲۳۷۵
S25	۷/۵	۲۷	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۴	۳۳۳	۲۱۶	۲۳۷۵
S26	۱۰	۳۶	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۴	۳۲۴	۲۱۶	۲۳۷۵
S27	۱۵	۵۴	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۴	۳۰۶	۲۱۶	۲۳۷۵
S28	۲۰	۷۲	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۴	۲۸۸	۲۱۶	۲۳۷۵

جدول۵- نسبتهای اختلاط برای یک متر مکعب بتن C۳۰

W/C= ۰/٤٥							
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S29	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۰	۴۰۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S30	۲/۵	۱۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۰	۳۹۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S31	۵	۲۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۰	۳۸۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S32	۷/۵	۳۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۰	۳۷۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S33	۱۰	۴۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۰	۳۶۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S34	۱۵	۶۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۰	۳۴۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S35	۲۰	۸۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۹۰	۳۲۰	۱۸۰	۲۳۷۵
W/C= ۰/۵۰								
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S36	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۷۰	۴۰۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S37	۲/۵	۱۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۷۰	۳۹۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S38	۵	۲۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۷۰	۳۸۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S39	۷/۵	۳۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۷۰	۳۷۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S40	۱۰	۴۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۷۰	۳۶۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S41	۱۵	۶۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۷۰	۳۴۰	۱۸۰	۲۳۷۵
S42	۲۰	۸۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۷۰	۳۲۰	۱۸۰	۲۳۷۵
W/C= ۰/۵۵								
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S43	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۵۰	۴۰۰	۲۲۰	۲۳۷۵
S44	۲/۵	۱۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۵۰	۳۹۰	۲۲۰	۲۳۷۵
S45	۵	۲۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۵۰	۳۸۰	۲۲۰	۲۳۷۵
S46	۷/۵	۳۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۵۰	۳۷۰	۲۲۰	۲۳۷۵
S47	۱۰	۴۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۵۰	۳۶۰	۲۲۰	۲۳۷۵
S48	۱۵	۶۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۵۰	۳۴۰	۲۲۰	۲۳۷۵
S49	۲۰	۸۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۵۰	۳۲۰	۲۲۰	۲۳۷۵
W/C= ۰/٦۰								
نمونه ها	L(%)	L(kg)	Gb(kg)	Gn(kg)	S(kg)	C(kg)	W(kg)	Dc
S50	۰	۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۳۰	۴۰۰	۲۴۰	۲۳۷۵
S51	۲/۵	۱۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۳۰	۳۹۰	۲۴۰	۲۳۷۵
S52	۵	۲۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۳۰	۳۸۰	۲۴۰	۲۳۷۵
S53	۷/۵	۳۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۳۰	۳۷۰	۲۴۰	۲۳۷۵
S54	۱۰	۴۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۳۰	۳۶۰	۲۴۰	۲۳۷۵
S55	۱۵	۶۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۳۰	۳۴۰	۲۴۰	۲۳۷۵
S56	۲۰	۸۰	۶۶۳	۴۴۲	۶۳۰	۳۲۰	۲۴۰	۲۳۷۵

جدول ۶- نتایج آزمایشات فشاری نمونه ها با بتن C۲۰ در سن ۲۸ روزه

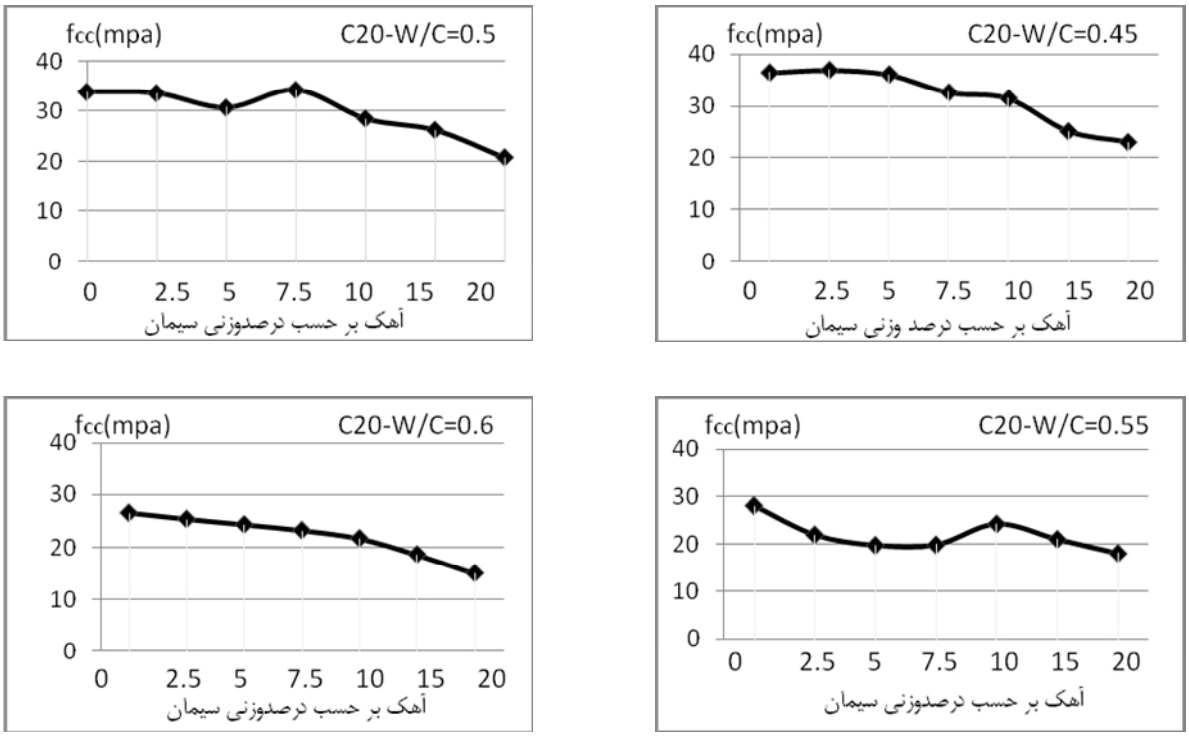
w/c= ۰/۴۵				w/c= ۰/۵۰			
نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)	نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)
S64	۰	۳۶/۴۷	۰	S71	۰	۳۳/۸۷	۰
S65	۲/۵	۳۶/۹۶	۱/۳۴	S72	۲/۵	۳۳/۶۰	-۰/۹۷
S66	۵	۳۶/۱۱	-۰/۹۸	S73	۵	۳۰/۷۲	-۹/۳۰
S67	۷/۵	۳۲/۶۷	-۱۰/۴۲	S74	۷/۵	۳۴/۲۴	۱/۱۲
S68	۱۰	۳۱/۴۹	-۱۳/۶۵	S75	۱۰	۲۸/۴۹	-۱۵/۸۷
S69	۱۵	۲۵/۱۳	-۱۳/۰۸	S76	۱۵	۲۶/۲۰	-۲۲/۶۴
S70	۲۰	۲۳/۰۳	-۳۶/۸۵	S77	۲۰	۲۰/۷۱	-۳۸/۸۶
w/c= ۰/۵۵				w/c= ۰/۶۰			
نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)	نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)
S57	۰	۲۷/۹۸	۰	S78	۰	۲۶/۴۵	۰
S58	۲/۵	۲۱/۹۹	-۲۱/۴۱	S79	۲/۵	۲۵/۳۰	-۴/۳۸
S59	۵	۱۹/۸۵	-۲۹/۰۷	S80	۵	۲۴/۲۵	-۸/۳۲
S60	۷/۵	۱۹/۹۳	-۲۸/۷۷	S81	۷/۵	۲۳/۱۷	-۱۲/۴۱
S61	۱۰	۲۴/۲۳	-۱۳/۳۹	S82	۱۰	۲۱/۶۳	-۱۸/۳۲
S62	۱۵	۲۱/۰۸	-۲۴/۶۷	S83	۱۵	۱۸/۵۹	-۲۹/۷۲
S63	۲۰	۱۸/۱۶	-۳۵/۰۹	S84	۲۰	۱۴/۹۸	-۴۳/۳۹

جدول ۷- نتایج آزمایشات فشاری نمونه ها با بتن C۲۵ در سن ۲۸ روزه

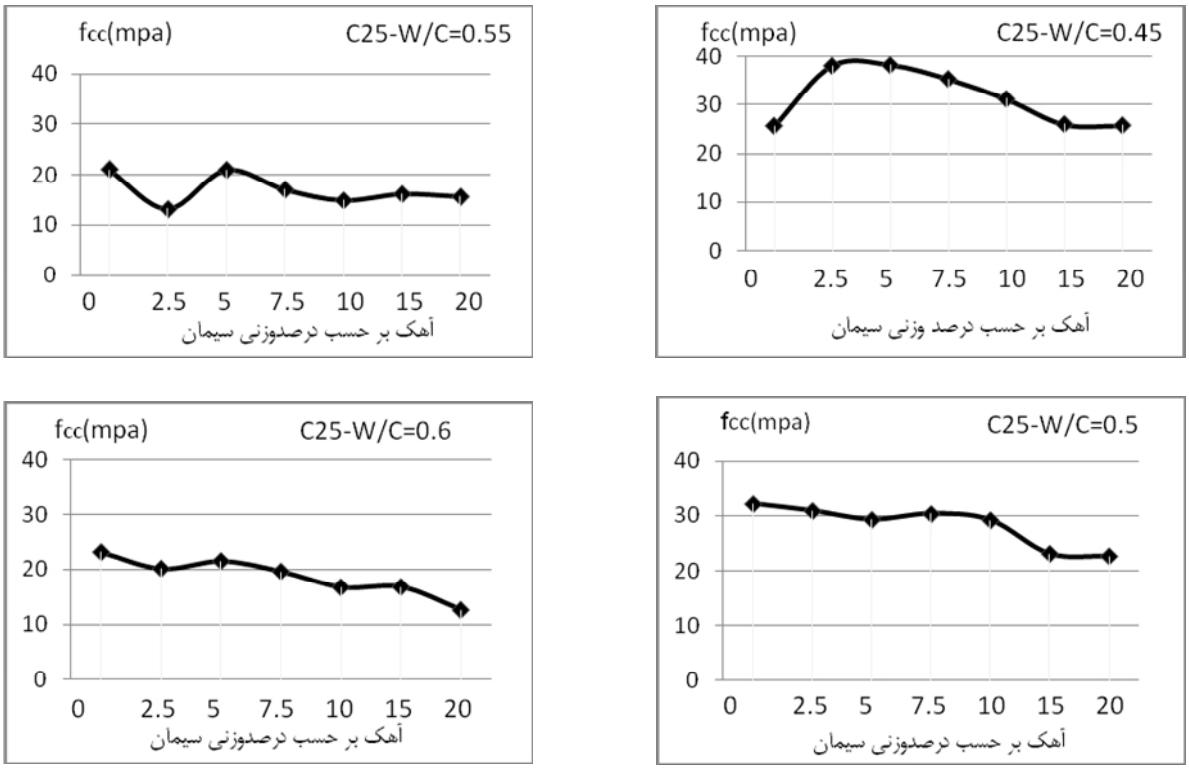
w/c= ۰/۴۵				w/c= ۰/۵۰			
نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)	نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)
S8	۰	۲۵/۶۷	۰	S15	۰	۳۲/۱۵	۰
S9	۲/۵	۳۸/۱۳	۴۸/۵۳	S16	۲/۵	۳۰/۸۸	-۳/۹۴
S10	۵	۳۸/۲۹	۴۹/۱۴	S17	۵	۲۹/۲۸	-۸/۹۳
S11	۷/۵	۳۵/۳۸	۳۷/۸۰	S18	۷/۵	۳۰/۳۳	-۵/۶۷
S12	۱۰	۳۱/۲۳	۲۱/۶۴	S19	۱۰	۲۹/۲۰	-۹/۱۹
S13	۱۵	۲۶/۰۲	۱/۳۶	S20	۱۵	۲۳/۰۸	-۲۸/۲۲
S14	۲۰	۲۵/۷۸	۰/۴۰	S21	۲۰	۲۲/۶۱	-۲۹/۶۸
w/c= ۰/۵۵				w/c= ۰/۶۰			
نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)	نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)
S1	۰	۲۱/۱۰	۰	S22	۰	۲۳/۱۴	۰
S2	۲/۵	۱۳/۲۴	-۳۷/۲۳	S23	۲/۵	۲۰/۱۳	-۱۳/۰۲
S3	۵	۲۰/۹۷	-۰/۶۰	S24	۵	۲۱/۵۳	-۶/۹۹
S4	۷/۵	۱۷/۱۱	-۱۸/۹۳	S25	۷/۵	۱۹/۶۰	-۱۵/۳۰
S5	۱۰	۱۴/۹۴	-۲۹/۱۷	S26	۱۰	۱۶/۷۱	-۲۷/۸۲
S6	۱۵	۱۶/۲۰	-۲۳/۲۲	S27	۱۵	۶۷۱۶	-۲۷/۵۷
S7	۲۰	۱۵/۶۸	-۲۵/۶۷	S28	۲۰	۱۲/۵۸	-۴۵/۶۵

جدول ۸- نتایج آزمایشات فشاری نمونه ها با بتن C۳۰ در سن ۲۸ روزه

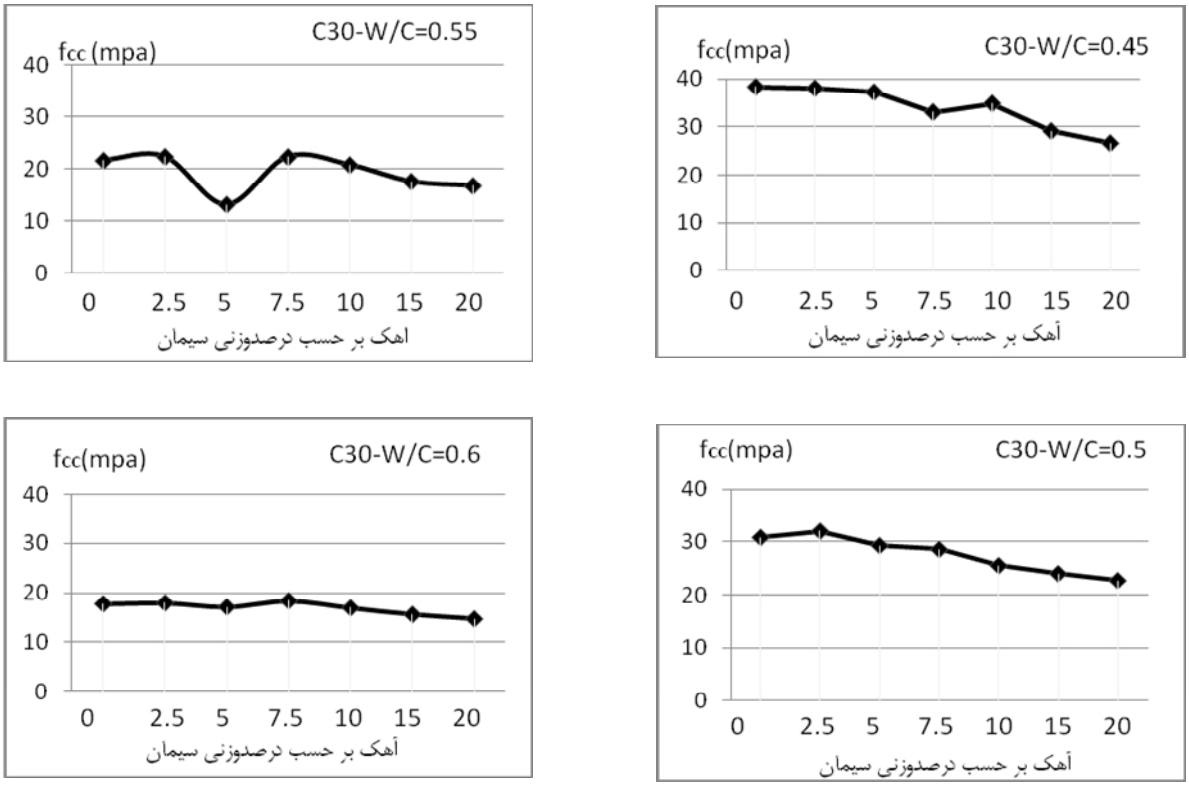
w/c= 0/45				w/c= 0/50			
نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)	نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)
S29	۰	۳۸/۳۱	۰	S36	۰	۳۰/۸۰	۰
S30	۲/۵	۳۸/۰۲	۰/۷۵	S37	۲/۵	۳۱/۹۸	۳/۸۲
S31	۵	۳۷/۲۰	-۲/۹۰	S38	۵	۲۹/۲۶	-۵
S32	۷/۵	۳۳/۰۲	-۱۳/۸۱	S39	۷/۵	۲۸/۵۵	-۷/۳۲
S33	۱۰	۳۴/۸۴	-۹/۰۵	S40	۱۰	۲۵/۵۱	-۱۷/۱۷
S34	۱۵	۲۹/۱۰	-۲۴/۰۵	S41	۱۵	۲۴	-۲۲/۰۹
S35	۲۰	۲۶/۵۷	-۳۰/۶۶	S42	۲۰	۲۲/۶۹	-۲۶/۳۳
w/c= 0/55				**w/c= 0/60**			
نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)	نمونه ها	L(%)	f_{cc}(mpa)	تغییر مقاومت(٪)
S43	۰	۲۱/۶۶	۰	S50	۰	۱۷/۷۸	۰
S44	۲/۵	۲۲/۳۹	۳/۳۸	S51	۲/۵	۱۷/۹۷	۱/۰۶
S45	۵	۱۳/۰۹	-۳۹/۵۶	S52	۵	۱۷/۱۵	-۳/۵۴
S46	۷/۵	۲۲/۳۶	۳/۲۲	S53	۷/۵	۱۸/۴۱	۳/۵۴
S47	۱۰	۲۰/۸۱	-۳/۹۳	S54	۱۰	۱۶/۹۷	-۴/۵۴
S48	۱۵	۱۷/۵۸	-۱۸/۸۴	S55	۱۵	۱۵/۶۲	-۱۲/۱۷
S49	۲۰	۱۶/۷۳	-۲۲/۷۶	S56	۲۰	۱۴/۷۱	-۱۷/۲۶



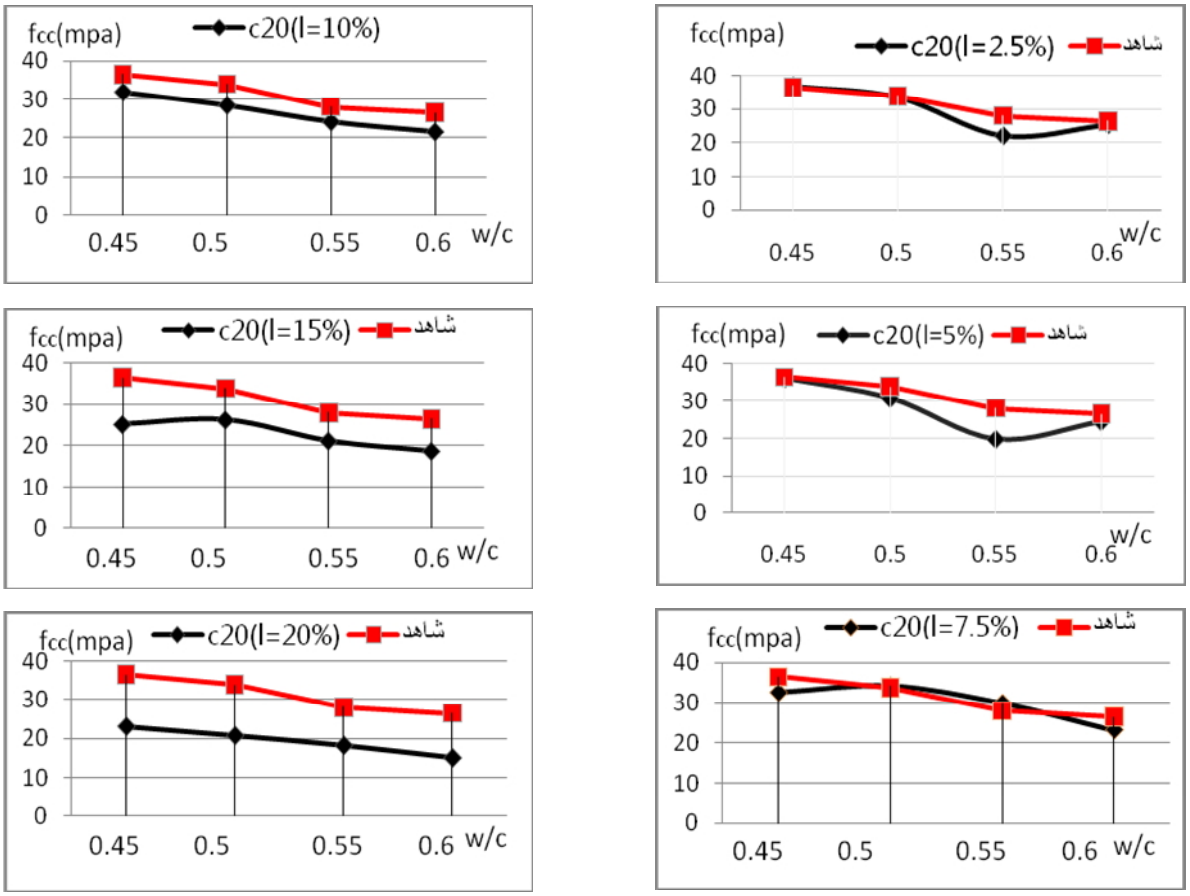
شکل ۲- تغییرات مقاومت فشاری با درصدهای مختلف آهک برای بتن C20



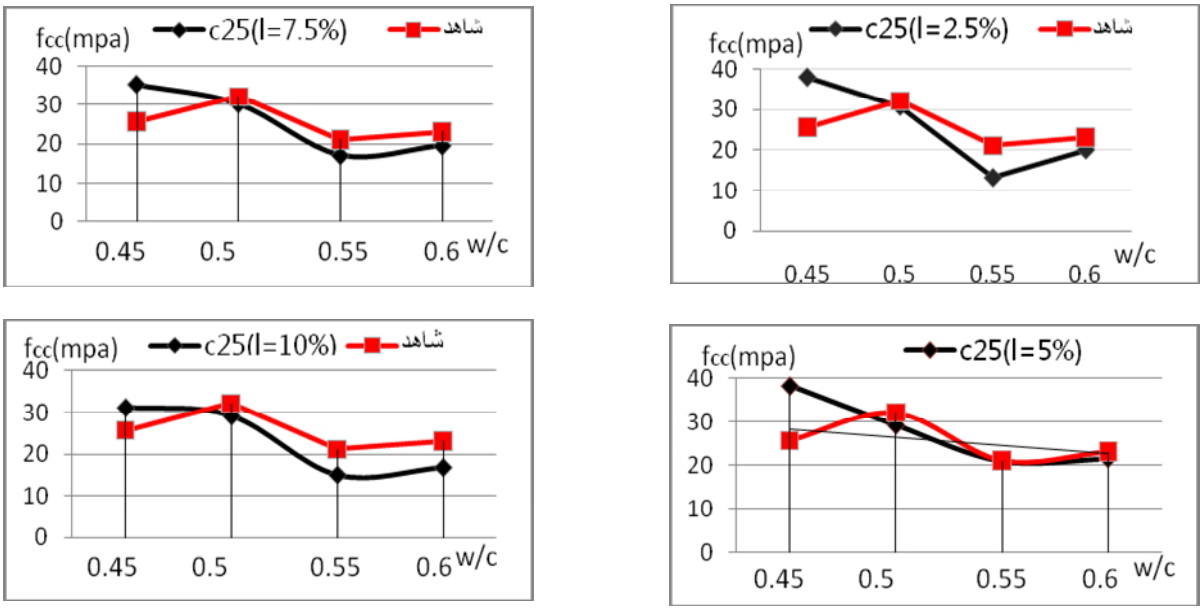
شکل ۳- تغییرات مقاومت فشاری با درصدهای مختلف آهک برای بتن C25



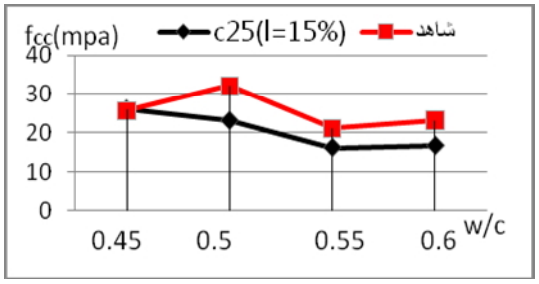
شکل۴- تغییرات مقاومت فشاری با درصدهای مختلف آهک برای بتن C30

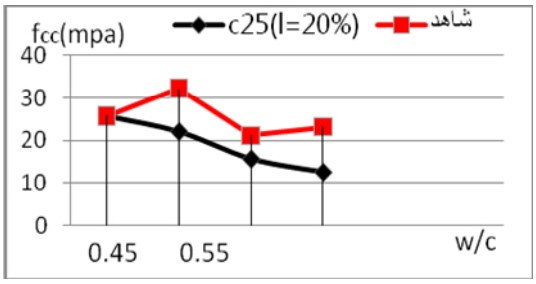


شکل ۵- تغییرات مقاومت فشاری نمونه ها نسبت به w/c برای بتن C20

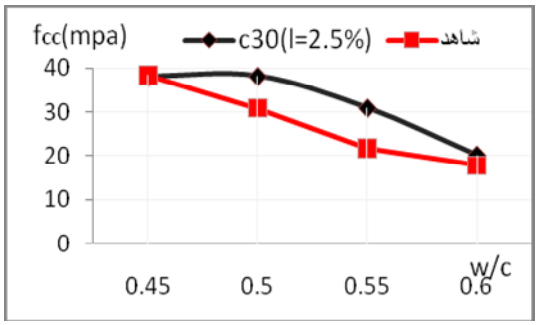


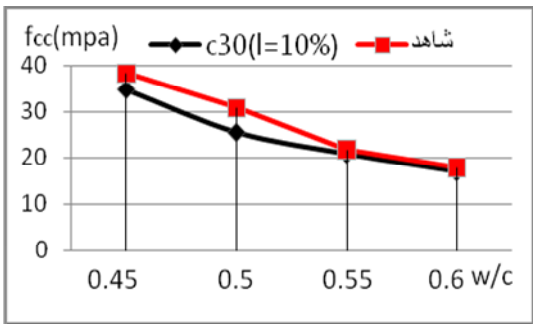
شکل ۶- تغییرات مقاومت فشاری نمونه ها نسبت به w/c برای بتن C25

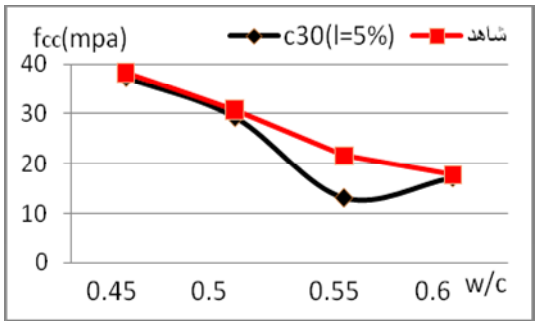


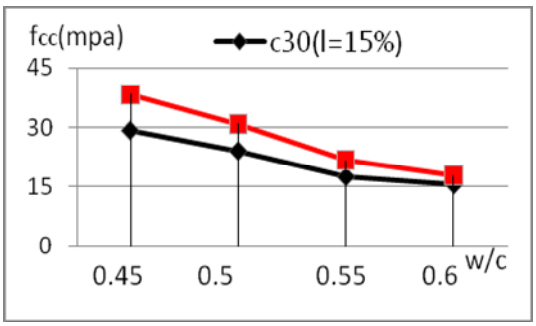


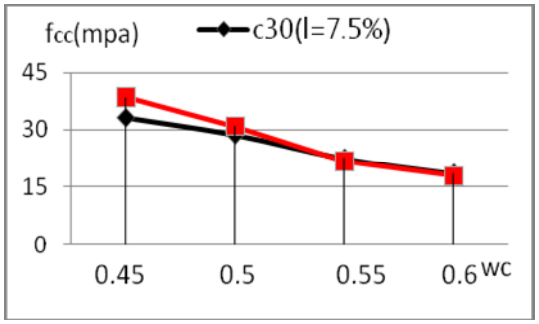
شکل ۷- تغییرات مقاومت فشاری نمونه ها نسبت به w/c برای بتن C25

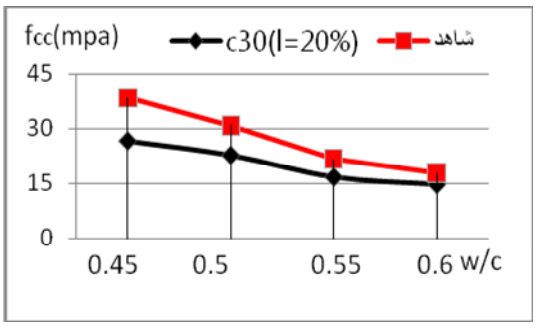










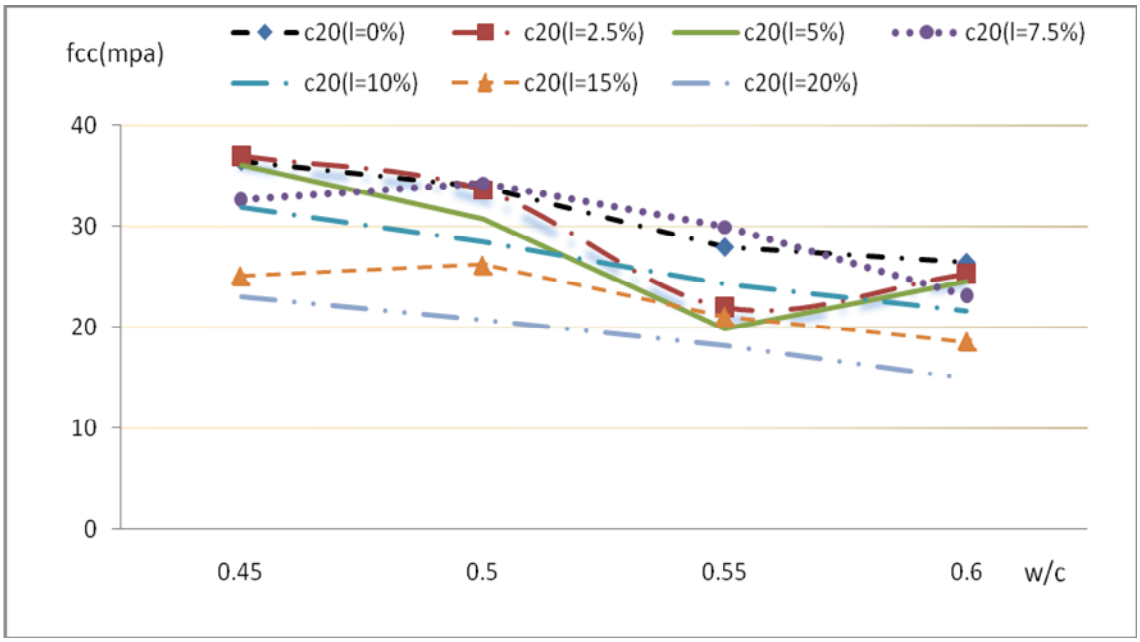


شکل ۸- تغییرات مقاومت فشاری نمونه ها نسبت به w/c برای بتن C30

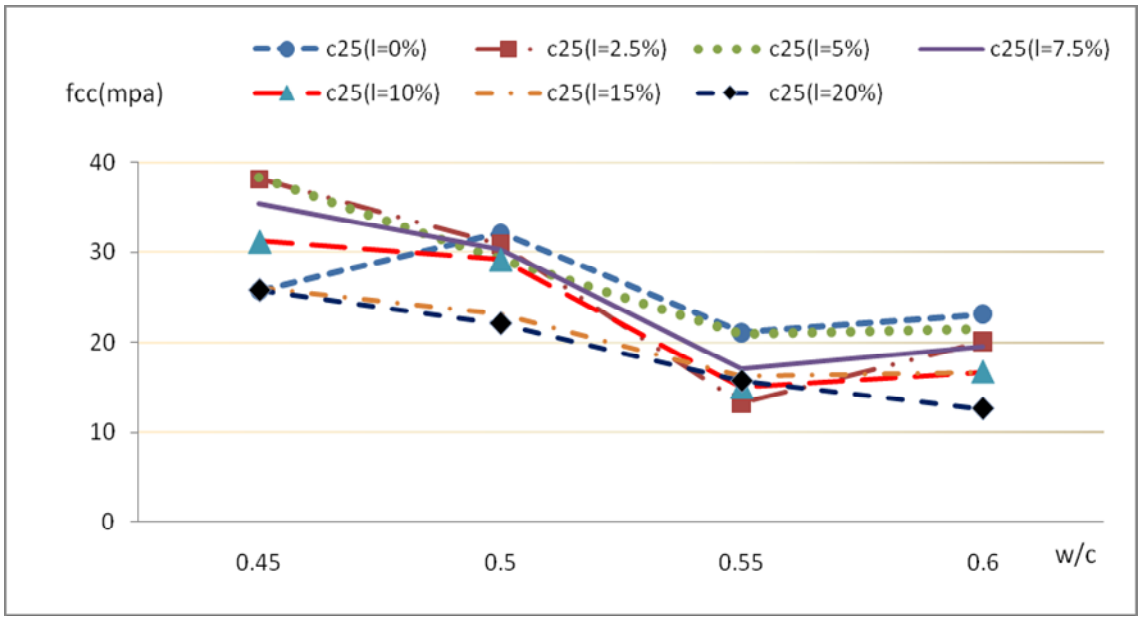
نمودار شکلهای (۵) و (۶) و (۷) و (۸) تغیرات مقاومت فشاری نمونه ها را با نسبتهای مختلف آب به سیمان و درصدهای مختلف آهک بعنوان جایگزین قسمتی از سیمان در مقایسه با نمونه بدون آهک (نمونه شاهد) نشان می دهند.

تغییرات مقاومت فشاری نمونه ها با بتن C20 نسبت به مقادیر مختلف نسبت آب به سیمان و در درصدهای مختلف آهک بصورت مقایسه ای در شکل (۹) و همین تغییرات برای نمونه ها با بتن C25 در شکل (۱۰) و برای نمونه ها با بتن C30 در شکل (۱۱) نشان داده شده است. مقایسه این نمودارها نشان می دهد، کاهش مقاومت نمونه ها با جایگزینی مقداری از سیمان با آهک در مقادیر کم (۲/۵ الی ۷/۵ در صد) زیاد محسوس نمی باشد ولی برای مقادیر بیشتر آهک، کاهش مقاومت قابل توجه است.

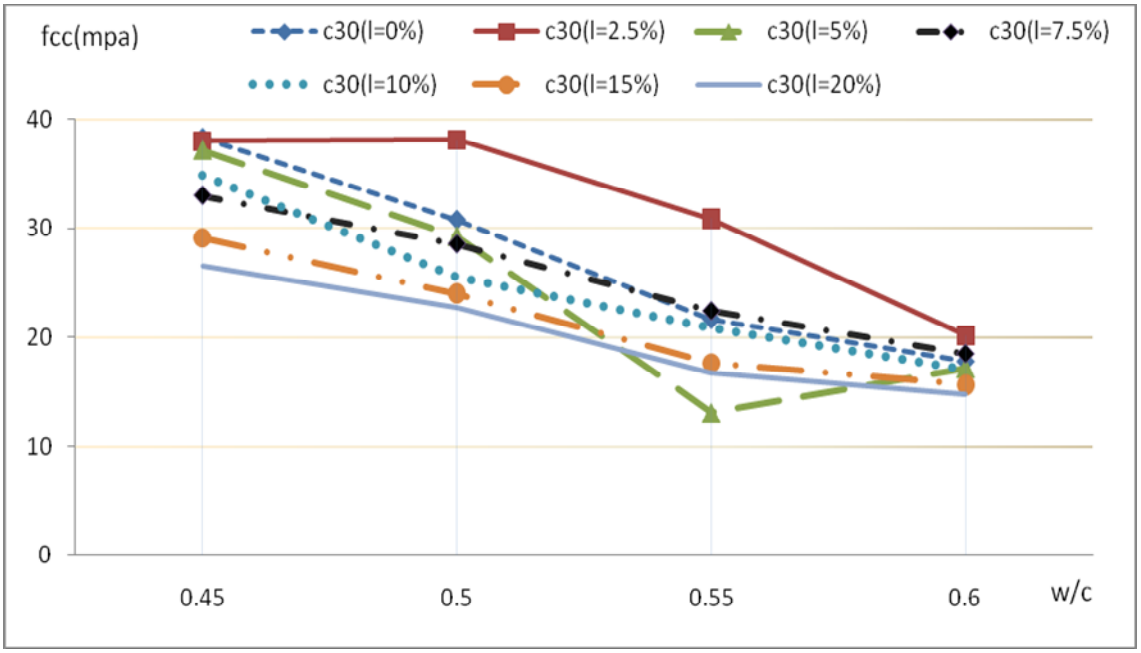
همچنین منحنیها مشخص می کنند، کاهش نسبت آب به سیمان در مقادیر کم آهک (۲/۵ الی ۱۰ در صد) کاهش مقاومت بتن را جبران می نماید.



شکل ۹ – تغییرات مقاومت نمونه ها نسبت به w/c برای درصد های مختلف آهک برای بتن C20



شکل ۱۰ – تغییرات مقاومت نمونه ها نسبت به w/c برای درصد های مختلف آهک برای بتن C25



شکل ۱۱ – تغییرات مقاومت نمونه ها نسبت به w/c برای درصد های مختلف آهک برای بتن C30

٦- نتیجه گیری

۱- با جایگزینی مقداری از سیمان استفاده شده در بتن با آهک، مقاومت فشاری بتن مقداری کاهش می یابد.

۲- با افزایش مقدار آهک جایگزین سیمان در بتن ،مقدار کاهش مقاومت فشاری بتن افزایش می یابد.

۳- مقدار کاهش مقاومت فشاری بتن با جایگزینی مقداری از سیمان با آهک تا ۷/۵ درصد وزنی سیمان ، چندان محسوس نمی باشد.

۴- با جایگزینی ۱۰ درصد وزنی سیمان بتن با آهک،حدود ۱۵ درصد (متوسط نمونه ها) مقاومت فشاری بتن کاهش می یابد.این مقدار کاهش مقاومت، با کاهش w/c به مقدار ۱۰ درصد، به مقدار زیادی جبران می گردد.

۵- با جایگزینی ۱۵ درصد وزنی سیمان بتن با آهک حدود ۲۰ درصد (متوسط نمونه ها) مقاومت فشاری بتن کاهش می یابد،این مقدار کاهش مقاومت با کاهش مقدار w/c به مقدار ۱۵ درصد به مقدار زیادی جبران می شود.

۶- با توجه به اینکه تولید سیمان باعث آلودگی محیط زیست شده و خطرات زیست محیطی بدنبال خواهد داشت و همچنین در تابستانها به علت تراکم کارهای عمرانی ،کمبود سیمان باعث ایجاد وقفه در ساخت و سازها شده و هزینه های زیادی به کارهای عمرانی تحمیل می کند، استفاده از آهک بعنوان جایگزین قسمتی از سیمان (حدود ۱۰ درصد وزنی سیمان) می تواند باعث صرفه جویی در مصرف سیمان و کاهش هزینه ها و کاهش خطرات زیست محیطی گردد.

۷- تشکر و قدردانی

در پروسه این تحقیق افراد زیادی همکاری نموده اند، و نتایج این تحقیق حاصل زحمات عزیزانی است ،که در معاونت پژوهشی و آزمایشگاه بتن با گروه تحقیق همکاری صمیمانه ای داشتند، که از تک تک سروران کمال تشکر و قدردانی می گردد، از جمله:

معاون محترم پژوهشی و مدیر کل محترم پژوهشی و ریاست محترم دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، کارکنان محترم معاونت پژوهشی و کارکنان و کارشناسان محترم آزمایشگاه بتن دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.

۸- منابع

۱–پ.کومارمهتا، پائولو. ج. م. مونته ئیرو. (ترجمه، علی اکبر رمضانیانپور، پرویز قدوسی.)ریزساختار، خواص و اجزای بتن، انتشارات صنعتی امیر کبیر، چاپ دوم،تهران.

2- ACI 318-05,Building code Requirements for Structural Concrete (ACI 318 M - 05) and Commentary - ACI 318 R – 05, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA, 2005.

۳- سازمان مدیریت و برنامه ریزی،دفتر تدوین ضوابط و معیار های فنی، آئین نامه بتن ایران(آبا)، ۱۳۸۲.

۴- مستوفی نژاد، داود، تکنولوژی و طرح اختلاط بتن، چاپ ششم، انتشارات ارکان، اصفهان، ۱۳۸۲.

5- Neville, AM., and Brooks,J.J., Concrete Technology, Longman. Scientific & Technical, Longman Group UK Limited, England, 1990.
6- Banthia, Nemkumar, and Bindiganavile, Vivek, Repairing with Hybrid-Fiber-Reinforced Concrete, *Concrete International, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, June* 2010, pages 29 to 32.
7- Burg, Ronald G., The Influence of Casting and Curing Temperature on the Properties of Fresh and Hardened Concrete, Research and Development Bulletin RD113, Portland Cement Association, 1996, 20 pages.

Effects Inspection of Lime as a Substitute for Part of Cement in Concrete Strength

Moradi Shaghaghi, T.
Assistant Professor, Azad Islamic university, Tabriz branch- Tabriz, Iran
Email: ta.moradi @ iaut.ac.ir
Mohammadpour, B.
Student, Civil Engineering, Islamic Azad University, Tabriz branch
Moradi Shaghaghi, M.
Student, Civil Engineering, University of Tabriz
Ghaffarzadeh, H.
Student, Civil Engineering Uromia University of Science and Technology
Kayvani, M.
Student, Civil Engineering, Islamic Azad University, Tabriz branch

Abstract
Considering the high consumption of cement in construction works and the low amount of cement production to consumption, every year in working season a long number of projects are closed for a long period of time due to shortage of cement, and this substantially imposes damages to civil projects. Limestone as a substitute for part of cement in concrete can decrease the consumption of cement considerably. Fortunately in Iran there are lime-rich mines and it is considered as one of raw materials in production of cement.
In this research, effects of lime as a replacement of part of cement in compressive strength of concrete are studied and the optimum amount of lime consumption is determined. For effects inspection of lime as a substitute for part of the cement in concrete, for three concrete category, C20, C25 and C30 and in each category for lime values 2.5, 5, 7.5, 10, 15 and 20 percent of cement weight and water to the cement ratios 0.45, 0.5, 0.55 0 and 0.6 cubic samples 15 × 15 × 15 cm were prepared. After reproduction in laboratory conditions,the pressure of samples the age of 28 days were examined pressure and the results were analyzed. For each concrete category and in each water to cement ratio one sample without lime was considered for comparing samples results. The total number of 168 samples were tested and evaluated.

Keywords: Compressive strength of concrete, Water cement ratio, Lime as a substitute for part of cement in the concrete, Concrete workability