

ارائه رابطه ای برای تأثیرنسبت آب به سیمان بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی بتن های کم عیار، معمولی و پرعیار حاوی آب مغناطیسی

محمدعلی دشتی رحمت آبادی^۱، رضا ارجمندیان^۲

^۱استادیار، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه آزاد یزد (نویسنده مسئول)

^۲دانشجو کارشناسی ارشد سازه، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه آزاد یزد

چکیده

بتن مصالح برگزیده در صنعت ساختمان و پر مصرف ترین مصالح مصرفی بشر پس از آب به حساب می آیند. در دوده اخیر تکنولوژی جدیدی به نام تکنولوژی آب مغناطیسی جهت افزایش کارایی و مقاومت بتن با توجه به مصرف سیمان و آب کم تر مطرح شده است به منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر کارایی بتن تر و همچنین مقاومت فشاری بتن سخت شده، ابتدا آب مغناطیسی توسط دستگاهی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته و سپس با طرح اختلاط های متفاوت ساخته شده است. که در این پروژه به بررسی اثر آب مغناطیسی بر خواص فیزیکی و مکانیکی بتن می پردازیم. این تحقیق به بررسی تأثیرات استفاده از آب مغناطیس، بر مقاومت فشاری و روانی بتن های کم عیار، معمولی و پر عیار می پردازد. متغیر های این تحقیق شامل شدت میدان مغناطیسی، و نسبت آب به سیمان در طرح های اختلاط متفاوت می باشند. در انتها نمودارها و رابطه مقاومت فشاری و کارایی بتن های حاوی آب مغناطیسی با نسبت آب به سیمان ارائه می گردد تمام نمونه های آزمایشگاهی بتن به مدت ۷ و ۲۸ روز در آب نگهداری شدند و در این آزمایشها از آب شرب و همچنین از آب یک دور مغناطیسی شده، ۵ دقیقه مغناطیسی شده و ۱۵ دقیقه مغناطیسی شده استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش بیانگر آن است که مقاومت فشاری ۲۸ روزه، نمونه های ساخته شده با آب مغناطیسی در بتن های با عیار کم، متوسط و زیاد به ترتیب در نسبت آب به سیمان ۰/۶ با افزایش ۱۳٪، ۱۴٪ و کاهش ۲۶٪ میانگین مقاومت فشاری نسبت به آب شرب را نشان داده است.

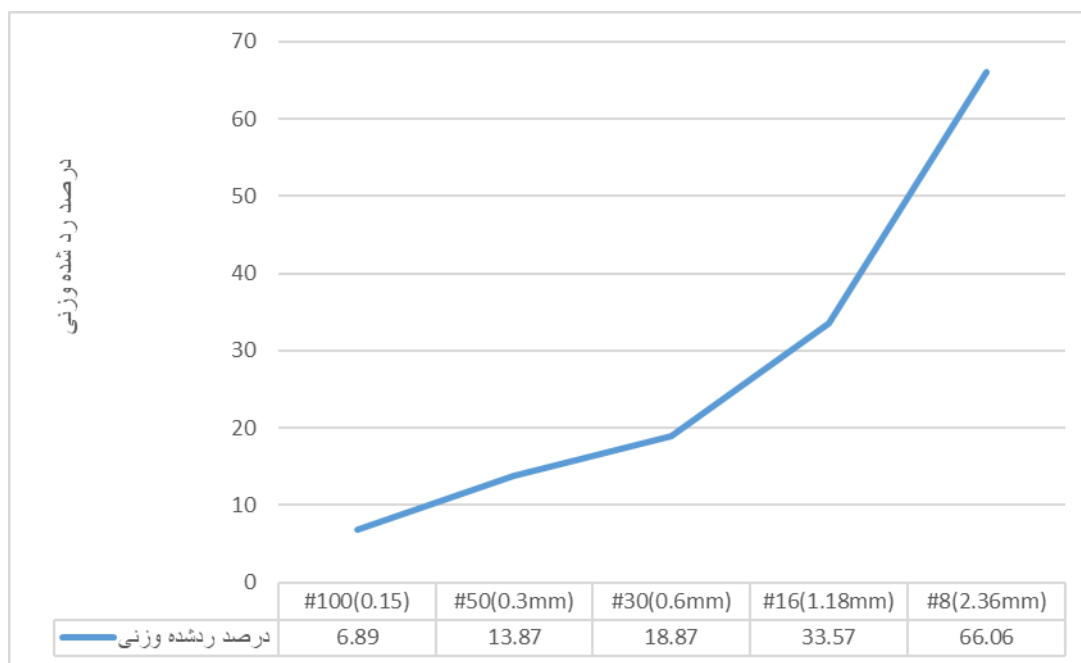
واژه های کلیدی: آب مغناطیسی، نسبت آب به سیمان، مقاومت فشاری، بتن معمولی، بتن کم عیار و بتن پر عیار.

۱- مقدمه

بتن جسم بسیار سخت و سنگ ماندنی است که از ترکیب مقدار معین و حساب شده سیمان، شن، ماسه و آب به دست می آید. در سال ۱۹۹۸ مقاله ای تحت عنوان (کاربرد آب القاء شده مغناطیسی در خواص فیزیکی و مکانیکی بتن تازه) توسط آبدیس مکالهااس گمز انتشار یافت. در این مقاله نویسنده به مقایسه بتن های تهیه شده با آب شرب و مغناطیسی پرداخته و در پایان نتیجه گرفت که آب مغناطیسی مقاومت فشاری بتن افزایش می دهد. [۱] تدین فر، غ، قلی زاده، م، "اثر آب مغناطیسی بر روی پارامترهای مقاومتی بتن بهبود خواص بتنهای با مقاومت بالا همواره مورد توجه دست اندرکاران علم تکنولوژی بتن بوده است. در این تکنولوژی، با القاء میدان مغناطیسی به آب، ساختار فیزیکی آن تغییر می یابد. در نتیجه این تغییرات تعداد مولکولها در یک تجمع مولکولی از ۱۳ به ۵ یا ۶ عدد نقصان یافته و کشش سطحی آب کاهش پیدا می کند. کاربرد این آب فرآوری شده در بتن از یک سو موجب افزایش روانی مخلوط بتن و کاهش آب مورد نیاز شده و از سوی دیگر با تسهیل هیدراسیون سیمان موجب بهبود مقاومت و دوام بتن و در نتیجه صرفه جویی در میزان بتن مصرفی می گردد [۲]. در این پایان نامه با استفاده از طرح اختلاط های ساخته شده در آزمایشگاه بتن دانشگاه، اثر آب مغناطیسی بر روی خواص مکانیکی بتن های معمولی و بتن های با مقاومت بالا از قبیل روانی و مقاومت فشاری مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آزمایش های انجام شده نشان داده است که: در اکثر موارد بتن- های ساخته شده با آب مغناطیسی دارای مقاومت فشاری و روانی بالاتری بوده و استفاده از آب مغناطیسی در ساخت بتن، روانی و مقاومت فشاری آن را بهبود می بخشد. همچنین در بعضی از موارد با یکسان گرفتن روانی و مقاومت فشاری نمونه های تهیه شده با آب مغناطیسی و آب معمولی می توان در مصرف سیمان صرفه جویی کرد.

۲- برنامه آزمایشگاهی

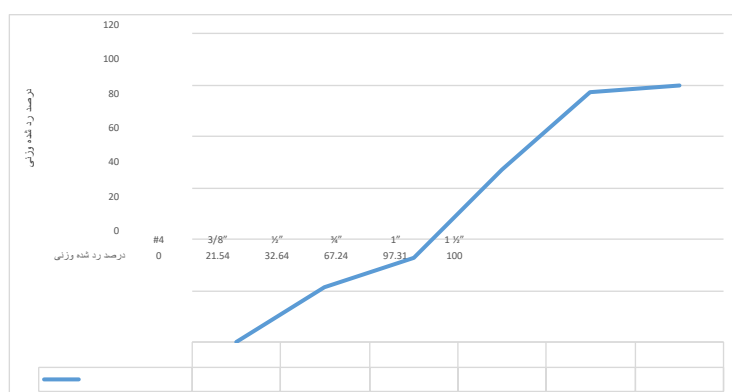
ریز دانه ها را طبق آیین نامه ASTM C33 دانه بندی نمودیم. در جداول ۴-۱ و ۴-۲ ضمن ارائه نتایج آزمایش دانه بندی، نتایج دانه بندی ماسه های با مقادیر مجاز توصیه شده توسط آئین نامه مقایسه شده است. ماسه که نتایج دانه بندی آن در محدوده مجاز آیین نامه قرار می گیرد برای استفاده در این تحقیق انتخاب شده است. مدول نرمی، عبارت است از مجموع درصد های مانده روی الک های استاندارد تقسیم بر عدد ۱۰۰ که در این پژوهش مدول نرمی ماسه نیز مطابق آیین نامه ASTM C136 مقدار ۳/۶ به دست می آید.



نمودار ۱: دانه بندی ریزدانه مصالح طبیعی

نمودار ۲: دانه بندی درشت دانه مصالح طبیعی

۱-۲- دستگاه تولید آب مغناطیسی



این دستگاه دارای یک آهنربای قوی است که منبع تولید انرژی مغناطیسی بوده و مورد استفاده این پروژه می باشد. این آهنربا با تکنیک بسیار پیشرفته ای درون یک لوله کوچک جا سازی و می تواند میدان مغناطیسی درون این دستگاه را به رقم قابل ملاحظه ای در حدود ۶۵۰۰ گاوس برساند. بر اساس گزارش کمپانی سازنده دستگاه (شرکت HPS) در طول ۵۰ سال

تنها ۲٪ از انرژی کاسته خواهد شد. این منبع انرژی نیاز به احیا و بازیابی ندارد چنانچه خود دستگاه نیز نیاز به اپراتوری، سرویس و یا تعمیر نخواهد داشت [۳]



شکل ۱: دستگاه آب مغناطیسی AQUA-CORRECT

۲-۲- طرح اختلاط

در پایان با ساخت ۳۰۸ نمونه آزمایشی با استفاده از آیین نامه (ACI – 211-89) و انجام اصلاحات لازم طرح اختلاط زیر به روش محاسباتی دستی پیشنهاد می‌شود.

جدول ۱- نسبت‌های وزنی طرح اختلاط نهایی بتن با مصالح طبیعی (kg/m^3)

سیمان Kg/m^3	آب Kg/m^3	W/C	شن kg/m^3	ماسه Kg/m^3
۱۵۰	۶۷/۵	۰/۴۵	۱۰۷۲	۱۲۵۳/۶۸
۱۵۰	۷۵	۰/۵	۱۰۷۲	۱۲۳۴
۱۵۰	۸۲/۵	۰/۵۵	۱۰۷۲	۱۲۱۴/۰۹
۱۵۰	۹۰	۰/۶	۱۰۷۲	۱۱۹۴/۲۸
۳۰۰	۱۳۵	۰/۴۵	۱۰۷۲	۹۴۹/۷۸
۳۰۰	۱۵۰	۰/۵	۱۰۷۲	۹۱۰/۲
۳۰۰	۱۶۵	۰/۵۵	۱۰۷۲	۸۷۰/۵۷
۳۰۰	۱۸۰	۰/۶	۱۰۷۲	۸۳۱
۶۰۰	۲۱۰	۰/۳۵	۱۰۷۲	۵۰۰/۳۵
۶۰۰	۲۴۰	۰/۴	۱۰۷۲	۴۲۱/۱۳
۶۰۰	۲۷۰	۰/۴۵	۱۰۷۲	۳۴۱/۹۵
۶۰۰	۳۰۰	۰/۵	۱۰۷۲	۲۶۲/۷۵
۶۰۰	۳۳۰	۰/۵۵	۱۰۷۲	۱۸۳/۵۵
۶۰۰	۳۶۰	۰/۶	۱۰۷۲	۱۰۴/۳۵

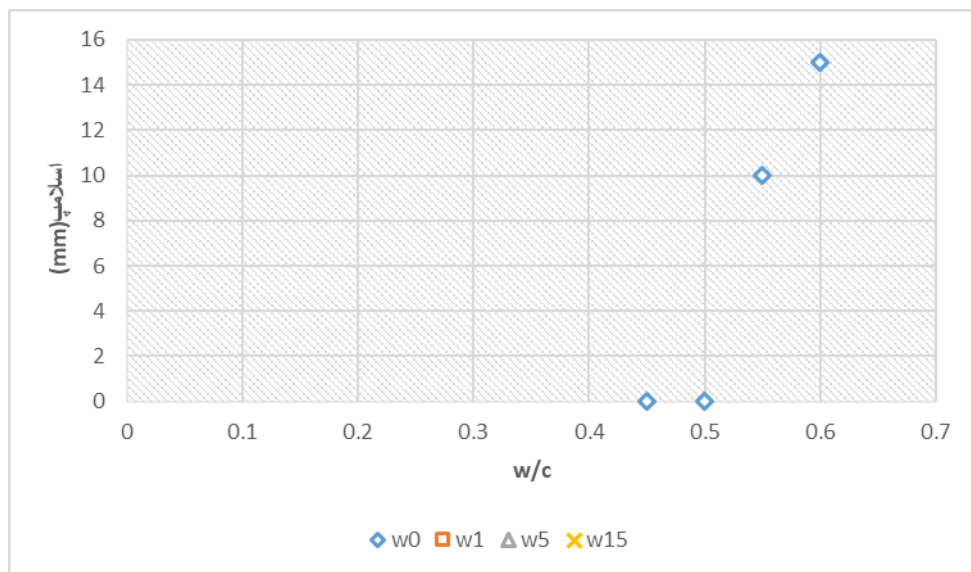
۳- نتایج آزمایش

نتایج آزمایش روانی بتنبر مبنای جریان اسلامپدر جداول آمده است مقاومت فشاری نمونه مکعبی به ابعاد اسمی ۱۵×۱۵×۱۵ سانتی متر هستند. پس از عمل آوری در حوضچه های آب، در سنین ۷ و ۲۸ روز طبق استاندارد-ASTM C39 اندازه گیری شده که نتایج آن درجداول ارائه می شود.

مقایسه و بررسی اسلامپ بتن معمولی و بتن با آب مغناطیسی

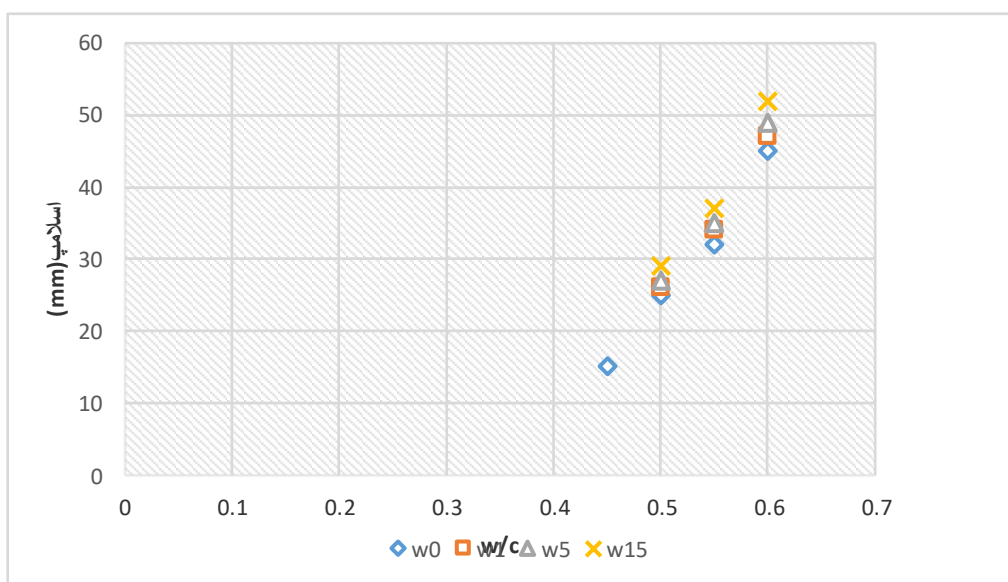
جدول ۲- درصد تغییرات نتایج آزمایش اسلامپ c300

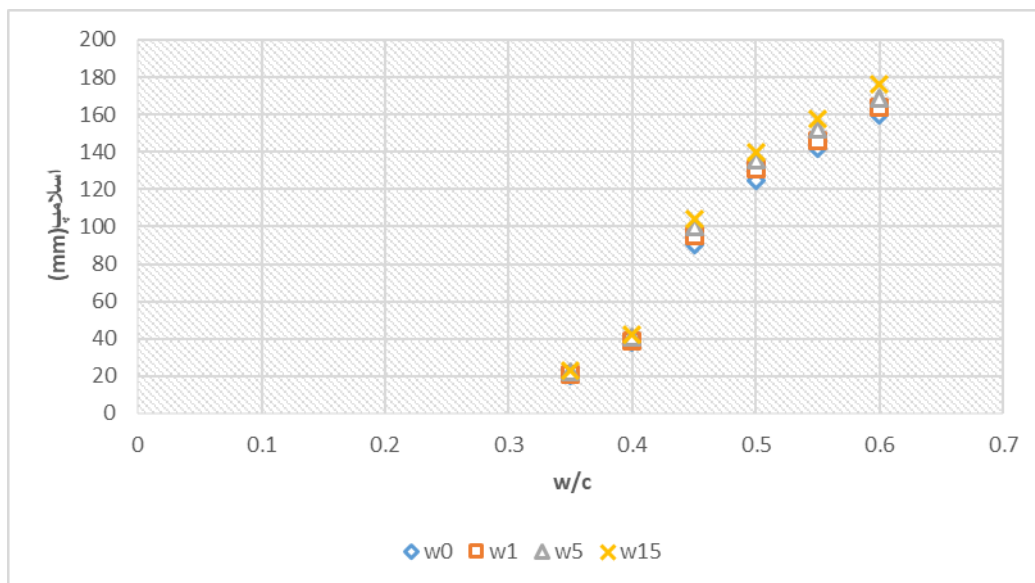
W15	W5	W1	W0	w/c	اسلامپ
0	0	0	0	۰.۴۵	C150
0	0	0	0	۰.۵	C150
10	10	10	10	۰.۵۵	C150
15	15	15	15	۰.۶	C150
15	15	15	15	۰.۴۵	C300
29	27	26	25	۰.۵	C300
37	35	34	32	۰.۵۵	C300
52	49	47	45	۰.۶	C300
20	20	20	20	۰.۳۵	C600
42	41	39	38	۰.۴	C600
104	100	95	90	۰.۴۵	C600
140	136	131	125	۰.۵	C600
158	152	146	142	۰.۵۵	C600
176	169	164	160	۰.۶	C600



نمودار ۳: درصد تغییرات نتایج آزمایش اسلامپ c150

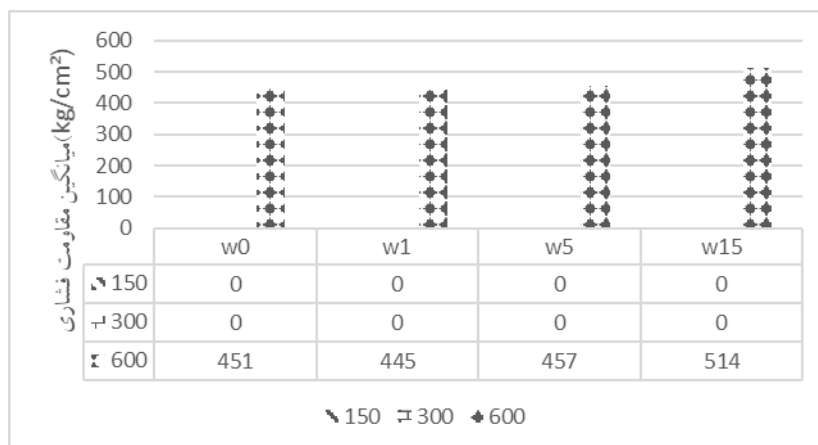
نمودار ۴: درصد تغییرات نتایج آزمایش اسلامپ c300



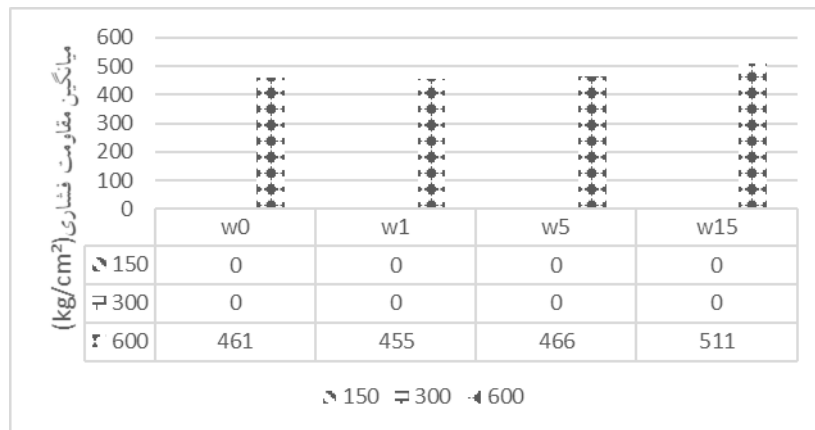


نمودار ۵: درصد تغییرات نتایج آزمایش اسلامپ c600

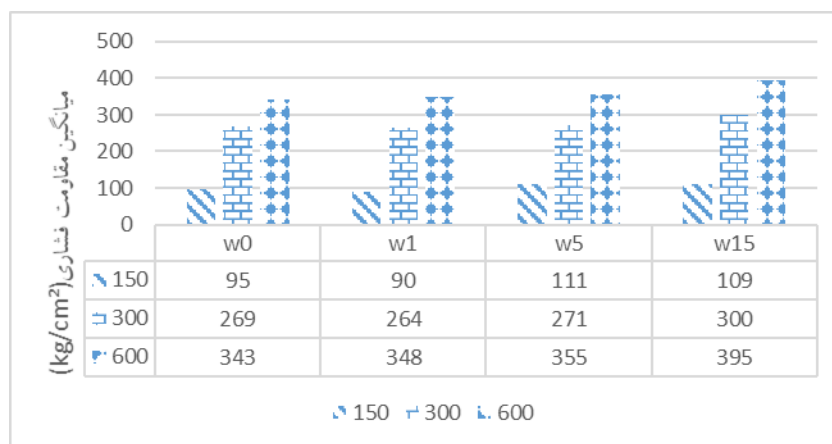
مقایسه و بررسی مقاومت فشاری بتن معمولی و بتن با آب مغناطیسی



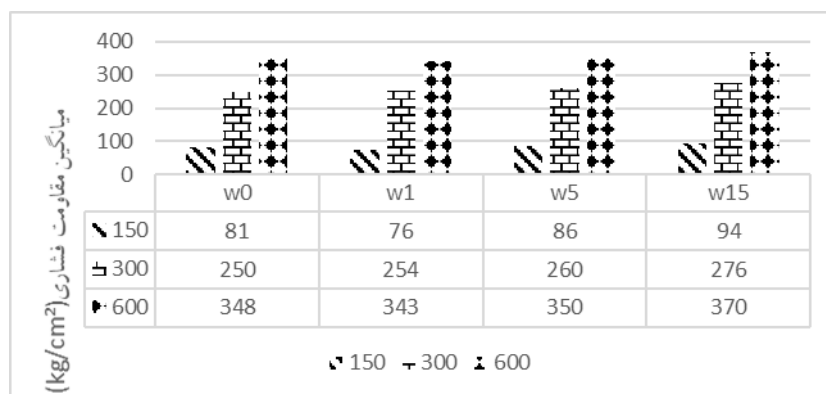
نمودار ۶: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ نمونه ۲۸ روزه



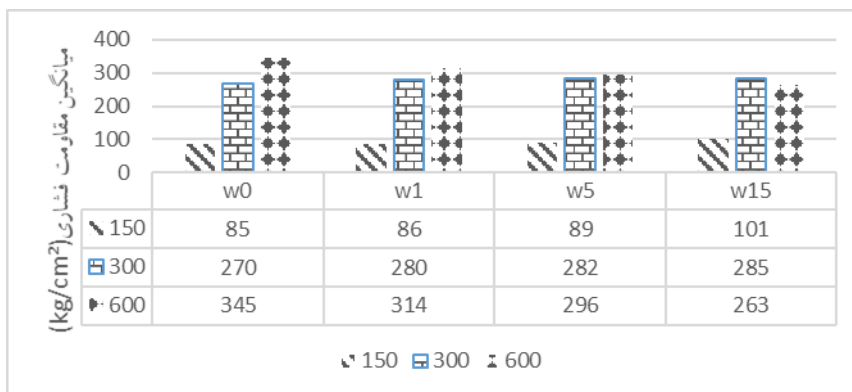
نمودار ۷: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن نسبت آب به سیمان ۰/۴ نمونه ۲۸ روزه



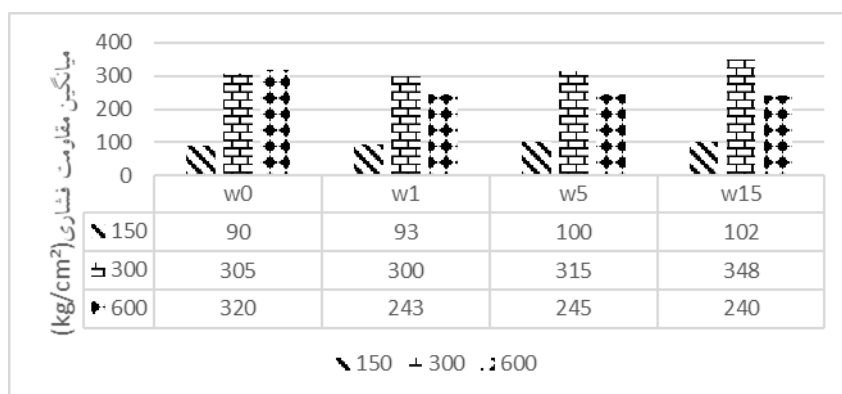
نمودار ۸: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ نمونه ۲۸ روزه



نمودار ۹: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن نسبت آب به سیمان ۰/۵ نمونه ۲۸ روزه



نمودار ۱۰: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن نسبت آب به سیمان ۰/۵۵/۲۸ نمونه

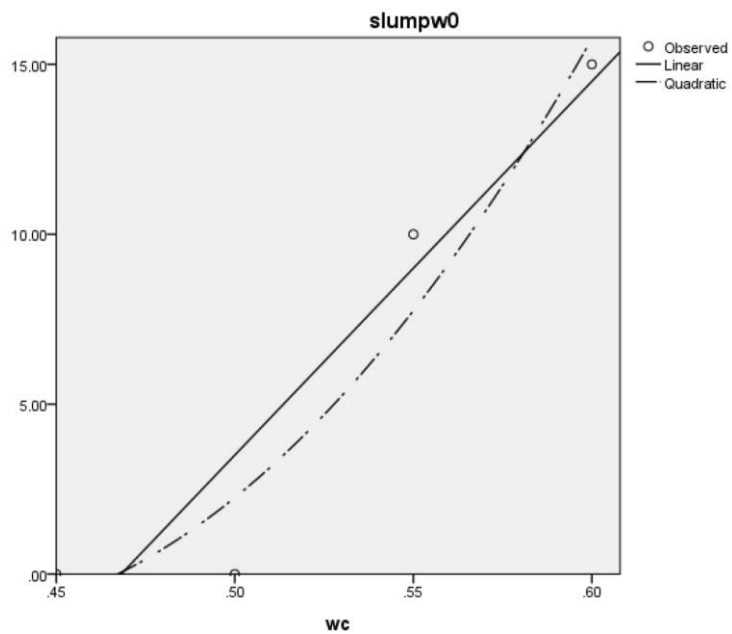


نمودار ۱۱: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن نسبت آب به سیمان ۰/۶/۲۸ نمونه

۴- تحلیل و مقایسه نتایج

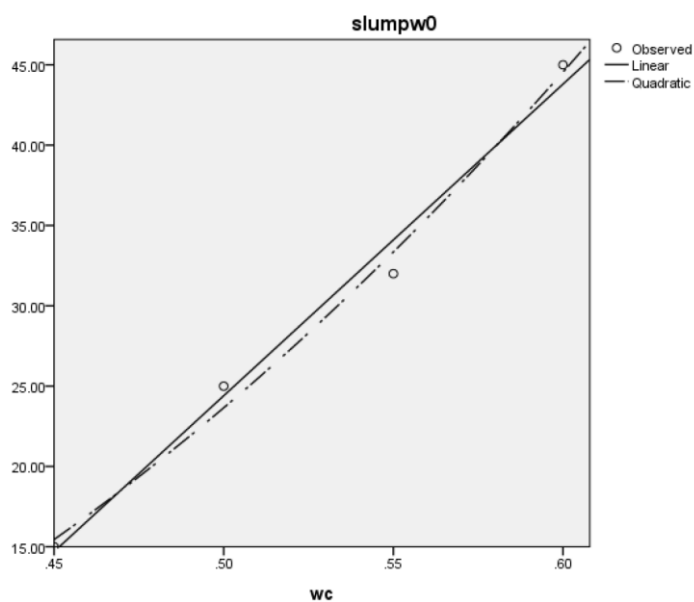
ارائه رابطه ای برای تأثیر نسبت آب به سیمان بر اسلامپ بتن

در این پژوهش رابطه آب به سیمان بر اسلامپ بتن از نرم افزار spss20 استفاده می کنیم [۴]. در نوار منوها (Analyze)، نوار ابزار (Regression) و پنجره (CurveEstimation) نشان داده می شود ابتدا نسبت آب به سیمان ۰/۳۵، ۰/۴، ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ به طور مستقل (independent) و در اسلامپ برای آب شرب، آب یک دور مغناطیسی شده، آب ۵ دقیقه مغناطیسی شده و آب ۱۵ دقیقه مغناطیسی شده را به طور وابسته (dependents). قرار می دهیم. سپس در پنجره (CurveEstimation) گزینه های مورد نظر از جمله Linear, Quadratic را انتخاب می کنیم، بنابراین معادله ای که ضریب همبستگی بالاتری داشت، به عنوان رابطه پیشنهادی تأثیر نسبت آب به سیمان بر اسلامپ بتن ارائه می شود. تأثیر نسبت آب به سیمان بر اسلامپ بتن های کم عیار

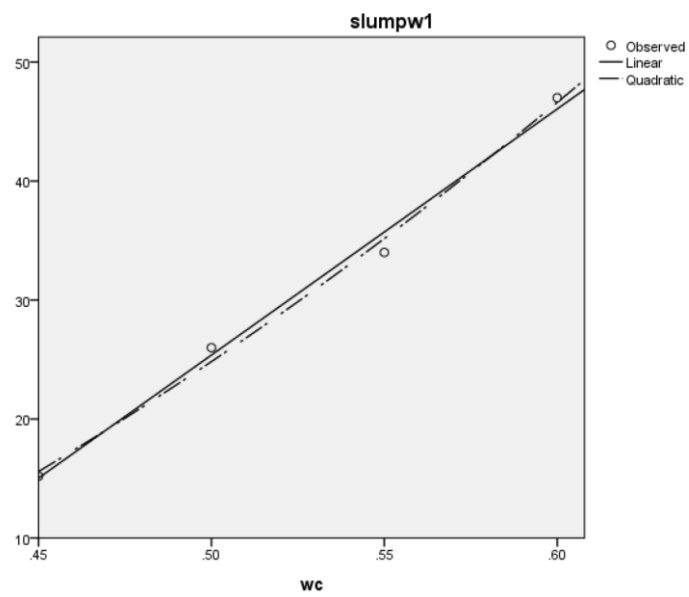


نمودار ۱۲: نتایج اسلامپ C150, W0

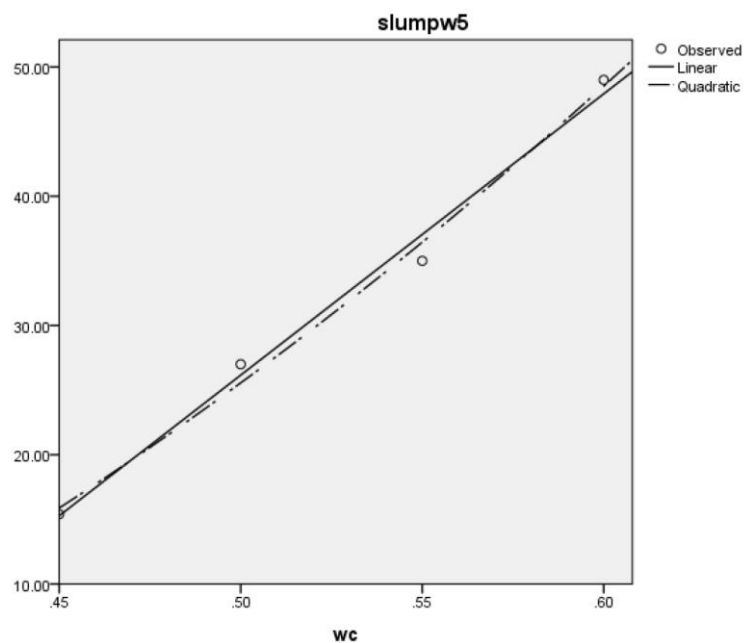
تأثیر نسبت آب به سیمان بر اسلامپ بتن با عیار معمولی



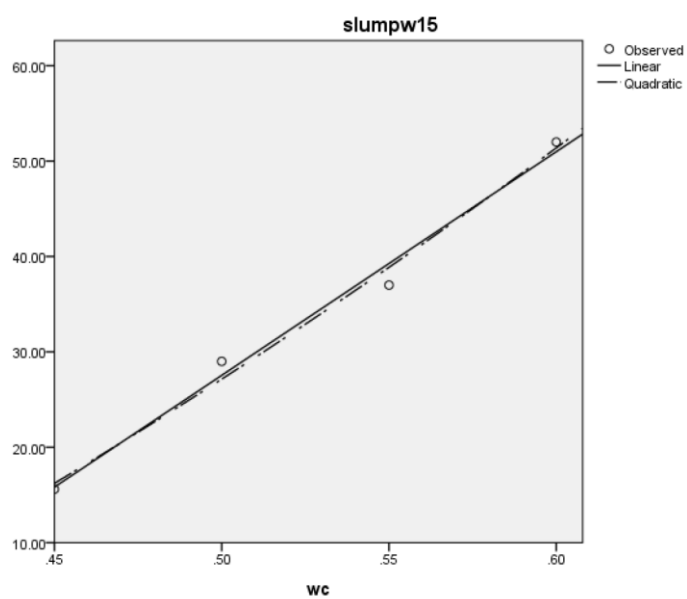
نمودار ۱۳: نتایج اسلامپ C300, W0



نمودار ۱۴: نتایج اسلامپ C300,W1

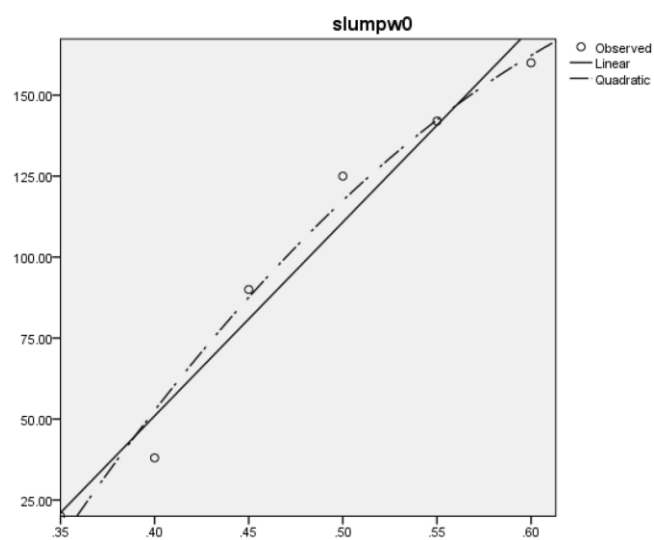


نمودار ۱۵: نتایج اسلامپ C300,W5

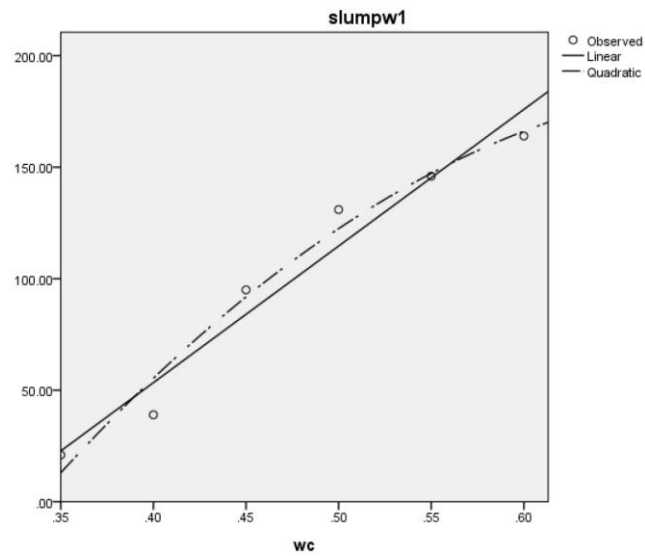


نمودار ۱۶: نتایج اسلامپ C300,W15

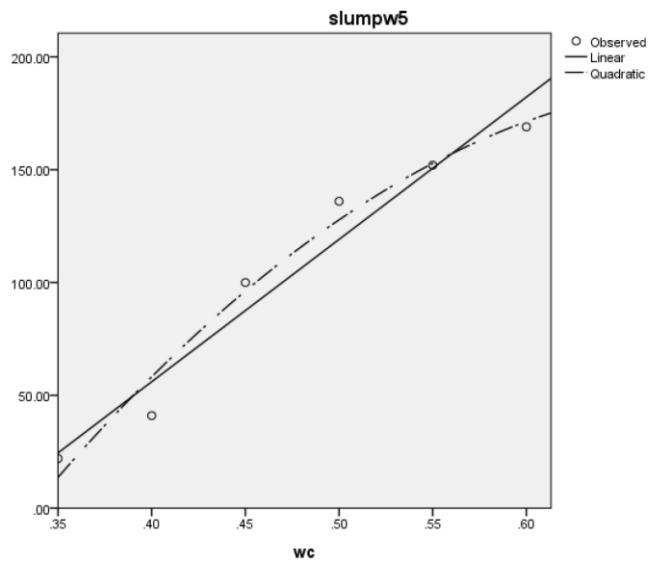
تأثیر نسبت آب به سیمان بر اسلامپ بتن های کم عیار



نمودار ۱۷: نتایج اسلامپ C600,W0

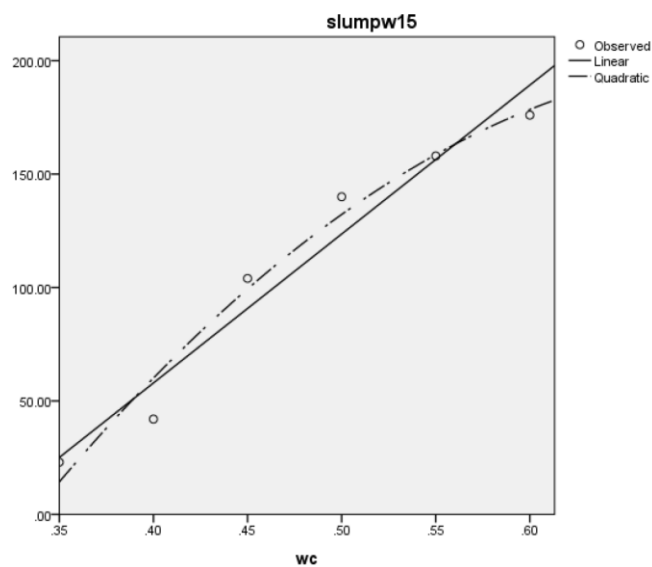


نمودار ۱۸: نتایج اسلامپ C600,W1



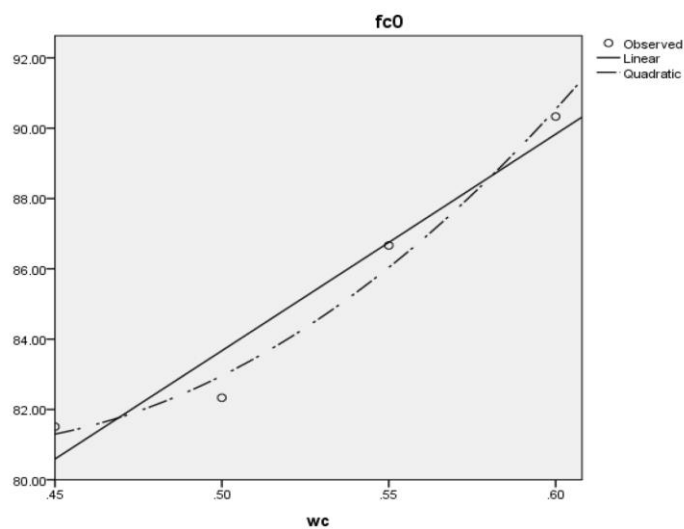
C600,W5

نمودار ۱۹: نتایج اسلامپ

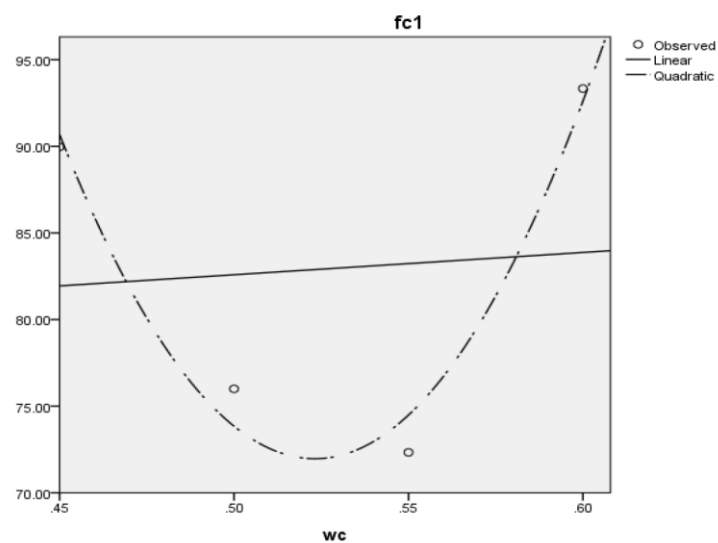


نمودار ۲۰: نتایج اسلامپ C600,W15

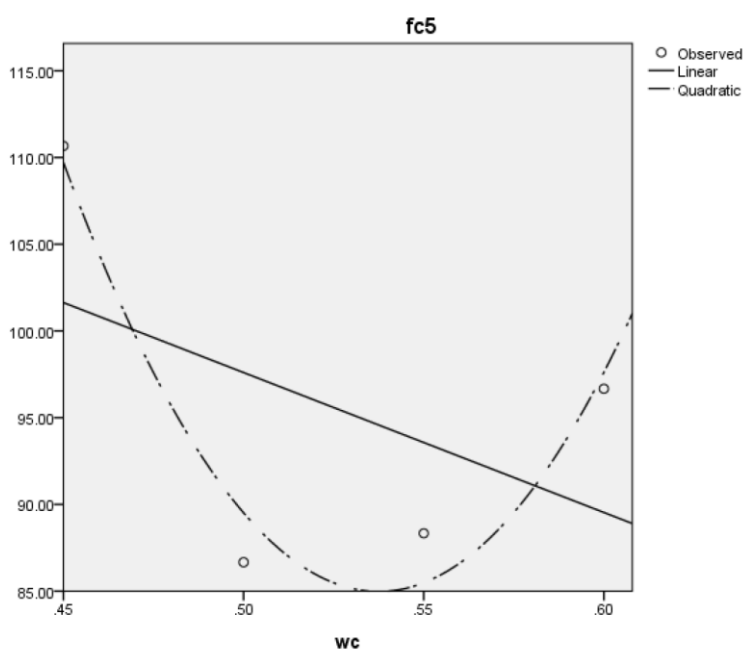
ارائه رابطه ای برای تأثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت فشاری بتن
تأثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت فشاری بتن کم عیار



نمودار ۲۱: نتایج مقاومت فشاری C150,W0

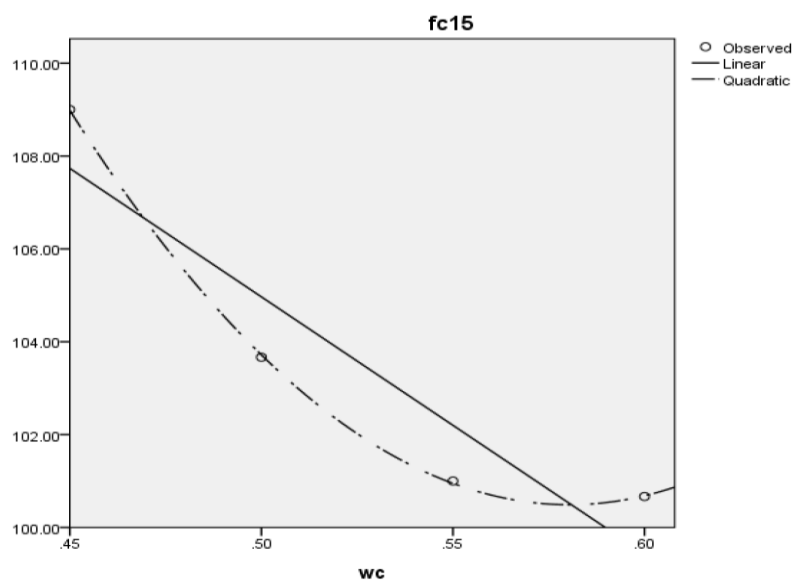


نمودار ۲۲: نتایج مقاومت فشاری C150,W1



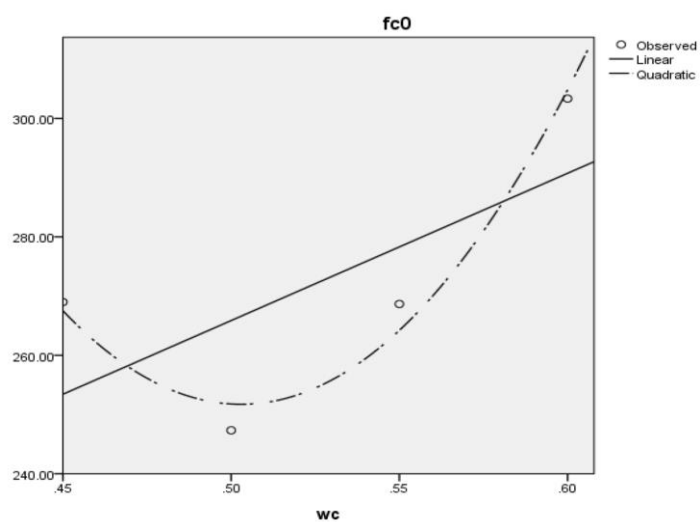
نمودار ۲۳: نتایج
C150,W5

مقاومت فشاری

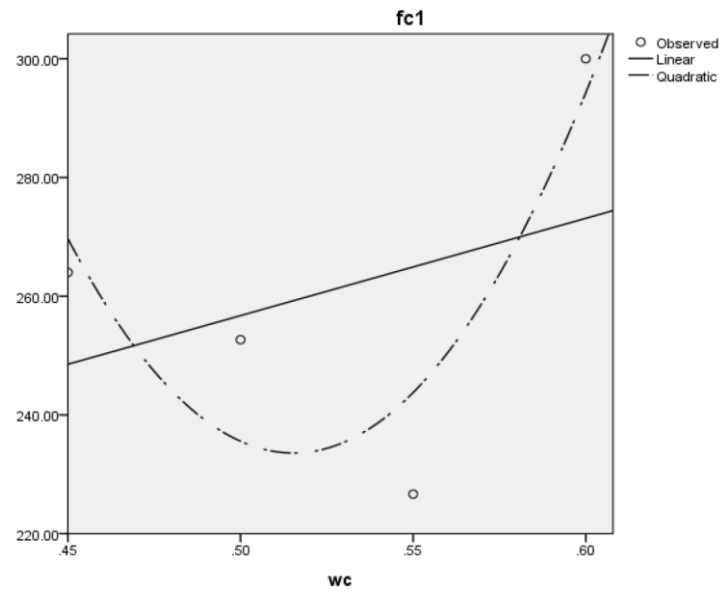


نمودار ۲۴: نتایج مقاومت فشاری C150,W15

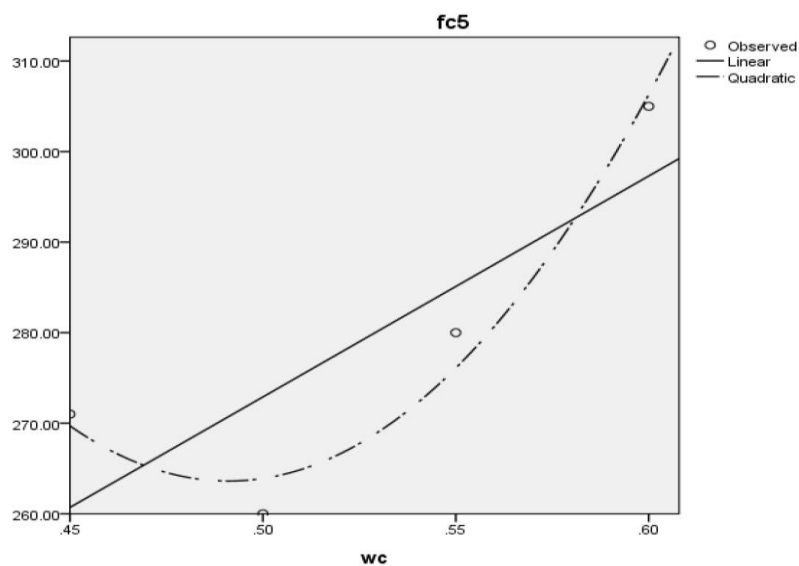
تأثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت فشاری بتن ها با عیار معمولی



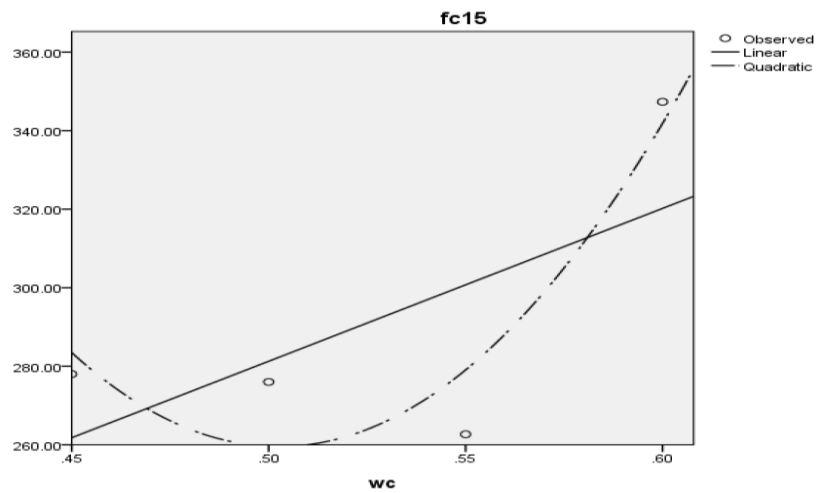
نمودار ۲۵: نتایج مقاومت فشاری C300,W0



نمودار ۲۶: نتایج مقاومت فشاری C300,W1

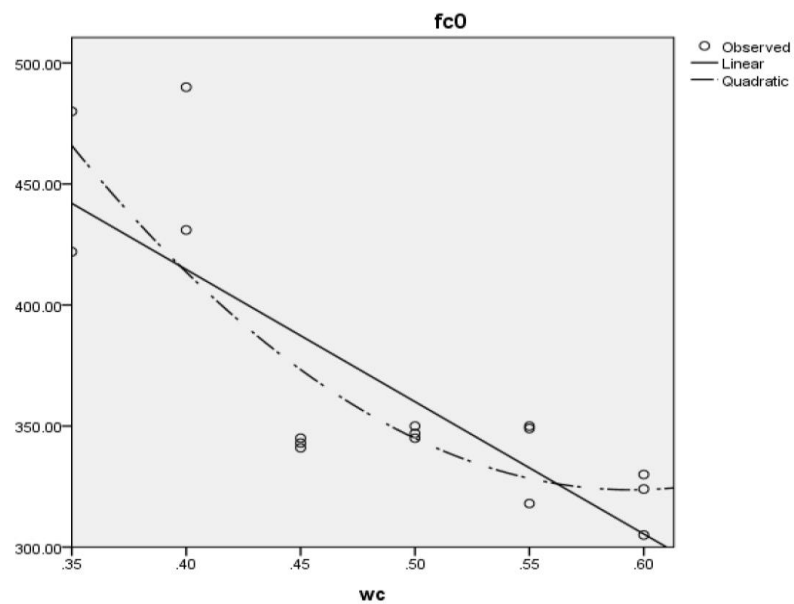


نمودار ۲۷: نتایج مقاومت فشاری C300,W5

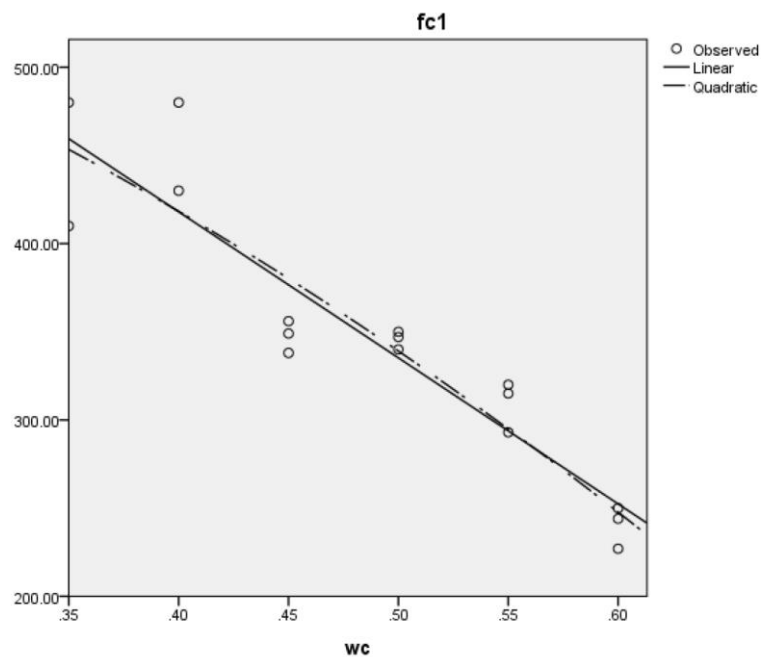


نمودار ۲۸: نتایج مقاومت فشاری C300, W15

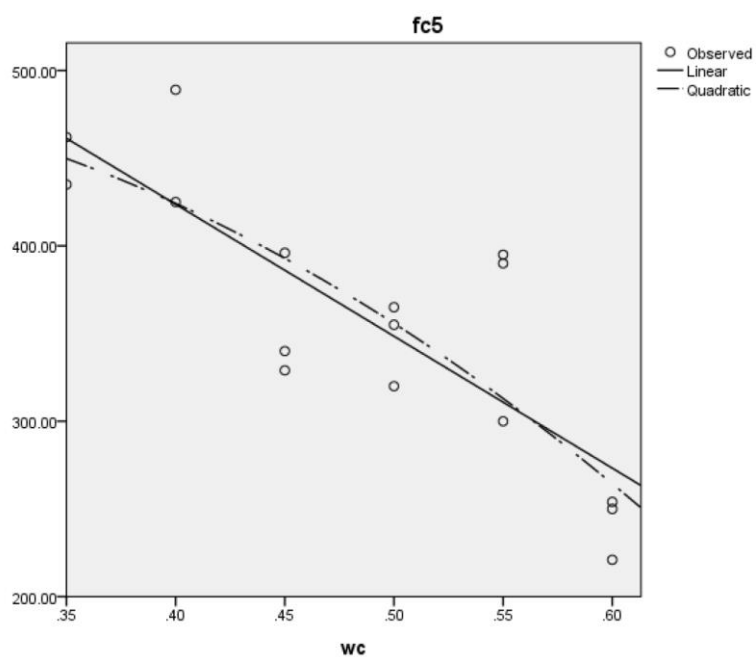
تأثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت فشاری بتن پرعیار



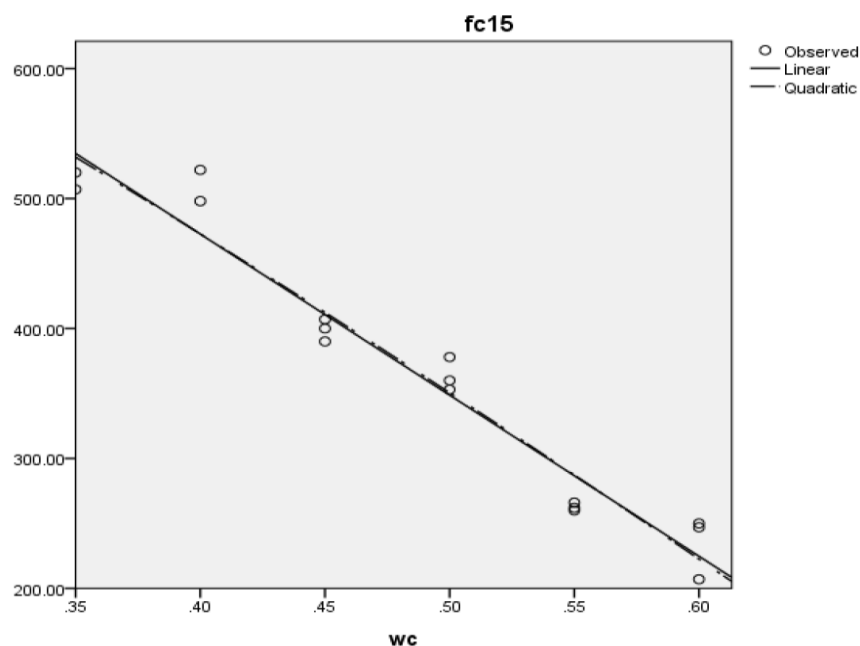
نمودار ۲۹: نتایج مقاومت فشاری C600, W0



نمودار ۳۰: نتایج مقاومت فشاری C600,W1



نمودار ۳۱: نتایج مقاومت فشاری C600,W5



نمودار ۳۲: نتایج مقاومت فشاری C600, W15

۵- خلاصه و نتیجه گیری

الف- بتن کم عیار (C150)

اسلامپ بتن در طرح اختلاط C150, W0 در نسبت های مختلف آب به سیمان ۰/۵ و ۰/۴۵ برابر با صفر و نسبت آب به سیمان ۰/۵۵ و ۰/۶ به مقدار ۱۰ و ۱۵ میلی متر می باشد.

بیشترین میانگین مقاومت فشاری نمونه های ساخته شده در طرح اختلاط C150(W15, 0.45) 28 به مقدار ۱۱۱ کیلوگرم بر سانتی مترمربع می باشد.

مقدار تغییرات مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه در طرح اختلاط C150, W1 با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب، ۱/۱۹٪، ۲٪، ۴٪ و ۱۱/۷٪ نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب است.

مقدار تغییرات مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه در طرح اختلاط C150, W5 با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب، ۱٪، ۴٪، ۴٪ و ۵٪ نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب است.

مقدار تغییرات مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه در طرح اختلاط C150, W15 با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب، ۱۲٪، ۱۱٪، ۶٪ و ۱۴٪ نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب است.

رابطه پیشنهادی برای تعیین اسلامپ بتن کم عیار به صورت زیر است:

$$\text{Slump}_{W0} = 84.75 - 415wc + 500wc^2$$

بیانگر آن است که رابطه فوق با ضریب همبستگی ۰,۹۹۶ به نحو مطلوب مقدار اسلامپ را تخمین می زند.

رابطه پیشنهادی برای تعیین میانگین مقاومت فشاری نمونه ۲۸ روزه بتن کم عیار به صورت زیر است:

$$F_{cW0} = 130.347 - 236.940wc + 284.33wc^2$$

$$F_{cW1} = 1028.998 - 3658.637wc + 3496.67wc^2$$

$$F_{cW5} = 1019.019 - 3475.674wc + 3233.34wc^2$$

$$FcW15=268.883-580.333wc+500wc^2$$

لذا بیانگر آن است که، بیانگر آن است که رابطه فوق با ضریب همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۹۹۱، ۰/۹۸۴، ۰/۹۷۵ و ۱ به نحو مطلوب مقدار میانگین مقاومت فشاری را تخمین می زند.

ب- بتن با عیار معمولی (C300)

نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که اسلامپ بتن با عیار معمولی به ترتیب برای آب یکدور مغناطیسی شده ۵ درصد و آب ۵ دقیقه مغناطیسی شده ۱۰٪ و آب ۱۵ دقیقه مغناطیسی شده ۱۵٪ نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب، افزایش را نشان می دهد.

میانگین مقاومت فشاری در طرح اختلاط C300(W15,0.6)28 ۳۴۸ کیلوگرم بر سانتی مترمربع را نشان داده می دهد.

نمونه های طرح اختلاط C300(W1,0.45)28 با کاهش ۱/۸۵ درصد نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب را نشان می دهد.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه طرح اختلاط C300,W0 در نسبت آب به سیمان ۰/۴۵، ۰/۵ به ترتیب برابر ۲۶۹، ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع می باشد.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه طرح اختلاط C300,W1 با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب دارای افزایش ۵٪، ۶٪، ۱۱٪ و ۳/۳۴٪ نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب را نشان می دهد.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه طرح اختلاط C300,W5 با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب دارای افزایش ۱۷٪، ۱۶٪، ۵٪ و ۱۱٪ نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب را نشان می دهد.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه طرح اختلاط C300,W15 با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب دارای افزایش ۱۵٪، ۱۶٪، ۱۸٪ و ۱۳٪ نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب را نشان می دهد.

رابطه پیشنهادی برای تعیین اسلامپ بتن با عیار معمولی به صورت زیر است:

$$SlumpWo=9.15-121wc+300wc^2$$

$$SlumpW1=-18.070-24.2wc+220wc^2$$

$$SlumpW5=-17.240-34.4wc+240wc^2$$

$$SlumpW15=-46.060-66.4wc+160wc^2$$

لذا بیانگر آن است که، رابطه فوق با ضریب همبستگی بیانگر آن است که به ترتیب برابر با ۰/۹۹۶، ۰/۹۹۷، ۰/۹۹۶ و ۰/۹۹۴ به نحو مطلوب مقدار اسلامپ تخمین می زند.

رابطه پیشنهادی برای تعیین میانگین مقاومت فشاری نمونه ۲۸ روزه بتن با عیار معمولی به صورت زیر است:

$$FcWo=1676.616-5666.33wc+5633.33wc^2$$

$$FcW1=2481.898-8725.993wc+8466.66wc^2$$

$$FcW5=1131.9-3536wc+3600wc^2$$

$$FcW15=2448.265-8710.66wc+8666.67wc^2$$

لذا بیانگر آن است که، رابطه فوق با ضریب همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۹۸۶، ۰/۸۷۵، ۰/۹۸۵ و ۰/۹۲۹ به نحو مطلوب مقدار مقاومت فشاری را تخمین می زند.

ج- بتن پر عیار (C600)

نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد: مقدار اسلامپ در طرح اختلاط C600,W0,0.35 ۲۰ میلیمتر و در طرح اختلاط C600,W0,0.55 ۱۴۲ میلیمتر است

مقدار اسلامپ بتن به ترتیب برای آب یکدور مغناطیسی شده ۵ درصد و آب ۵ دقیقه مغناطیسی شده ۱۰ درصد و آب ۱۵ دقیقه مغناطیسی شده ۱۵ درصد نسبت به آب شرب افزایش داشته است

مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن های پر عیار با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ و ۰/۴ مقاومت بیشتری به نسبت آب به سیمان های ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۵۵ و ۰/۶ دارد.

مقدار تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های با طرح اختلاط C600, W1 با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵، ۰/۴، ۰/۴۵ و ۰/۵ به ترتیب، ۱/۳۴٪، ۱/۳٪، ۱/۱٪ و ۱/۴۴٪- نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب را داشته است ولی در نسبت ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب ۹٪- و ۲۵٪- کاهش مقاومت فشاری داشته است.

مقدار تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های با طرح اختلاط C600, W5 با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵، ۰/۴، ۰/۴۵ و ۰/۵ به ترتیب دارای افزایش ۱/۵٪، ۱/۲٪، ۱/۲٪ و ۱/۱٪- نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب را داشته است ولی در نسبت ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب ۱۵٪- و ۲۴٪- کاهش مقاومت فشاری داشته است.

مقدار تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های با طرح اختلاط C600, W15 با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵، ۰/۴، ۰/۴۵ و ۰/۵ به ترتیب دارای افزایش ۱/۴٪، ۱/۱٪، ۱/۱۵٪ و ۰/۶٪- نسبت به بتن ساخته شده با آب شرب را داشته است ولی در نسبت ۰/۵۵ و ۰/۶ به ترتیب ۲۴٪- و ۲۵٪- کاهش مقاومت فشاری را نشان داده است.

رابطه پیشنهادی برای تعیین اسلامپ بتن پر عیار به صورت زیر است:

$$\text{SlumpWo} = 406.686 + 1548.286w_c - 1000w_c^2$$

$$\text{SlumpW1} = -447.4 + 1725.429w_c - 1171.429w_c^2$$

$$\text{SlumpW5} = -480.157 + 1865.857w_c - 1300w_c^2$$

$$\text{SlumpW15} = -486.979 + 1884.786w_c - 1292.857w_c^2$$

لذا بیانگر آن است که، رابطه فوق با ضریب همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۹۹۰، ۰/۹۸۸، ۰/۹۸۸ و ۰/۹۸۷ به نحو مطلوب تخمین می زند.

منابع

[1]Brower,j magnetic water Treatment,Reprint of article from pollution Engineering(2005)

[۲] تدین فر غ، قلی زاده م، "اثر آب مغناطیسی بر روی پارامترهای مقاومتی بتن " اولین کنفرانس بتن و توسعه صفحه ۳۳-۴۱ تهران ۱۳۸۳

[3] containing concrete of properties engineering the on water magnetic of Effect slag Furnace - Blast Granulated (2000) Nan su,yeong- Hwa,chung-yeo mar,journal of cement and concrete Reserch30,pp599-605 ,

[۴] نرم افزار spss20.00تحلیل آماری با استفاده از spssدکتر منصور مومنی با همکاری غلی فعال قیومی