

بررسی زمان گیرش، حد متعارف، مقاومت فشاری و برخی دیگر از خواص ملات گچ

مریم سلطانی^۱، فروغ ترابی^۱، محمدرضا توکلی زاده^۲

۱- دانشجوی کارشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی، دانشگاه فردوسی مشهد

ma_so9@stu-mail.um.ac.ir
reza_tavakoli_pe@yahoo.com

چکیده:

در جوامع امروزی مصالح ساختمانی کاربرد بسیاری دارند، از جمله این مصالح ساختمانی، گچ می‌باشد. از ملات گچ در صنایع مختلف استفاده‌های بسیار می‌شود. از این رو تصمیم گرفتیم در رابطه با مشخصه‌های مختلف گچ از جمله زمان گیرش، حد روانی و مقاومت فشاری بر روی ملات‌های گچ و گچ و خاک با نسبت‌های اختلاط مختلف آزمایش‌هایی انجام داده و به صرفه‌ترین ملات با کیفیت بالا را بدست آوریم. از این آزمایش می‌توان فهمید که آب اختلاط و خاک رس باعث افزایش زمان گیرش می‌شود. همچنین، خاک رس باعث کاهش مقاومت فشاری می‌شود.

کلمات کلیدی: ملات گچ، زمان گیرش، آب اختلاط، مقاومت فشاری، حد روانی

پیشگفتار:

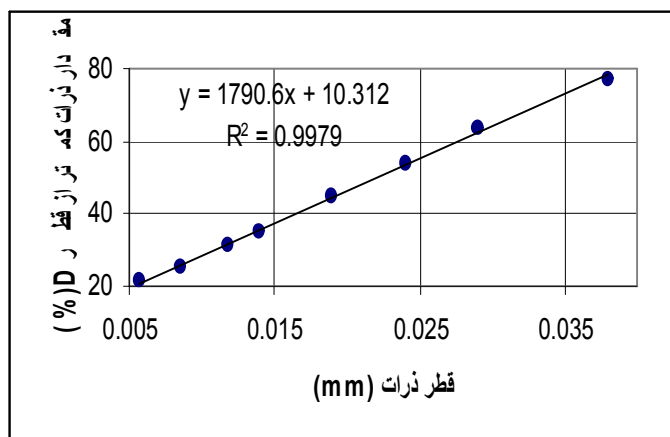
گچ یکی از مصالح سنتی در ساختمان سازی محسوب می‌شود که به دلیل مزایای زیاد از جمله ازدیاد حجمی، عدم انقباض و انبساط حرارتی، عایق حرارت و صوت، خاصیت شکل پذیری، زودگیری، سبکی، قابلیت میخ پذیری و همچنین ارزانی و فراوانی استفاده‌ی وسیعی از آن می‌شود. البته معایبی هم در مورد گچ وجود دارد که باید آنها را دانست و در مواقع استفاده از ملات‌های گچ به آنها توجه کرد، از جمله این معایب مقاومت کم در برابر رطوبت، خاصیت شکنندگی و مقاومت کششی و خمشی پائین می‌باشد.

انواع گچ مورد استفاده در ساختمان از سنگ گچ طبیعی که متشکل از سولفات کلسیم آبدار با دو مولکول آب تبلور و فرمول شیمیایی $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ، به همراه ناخالصی‌های معدنی بدست می‌آید. این مصالح ساختمانی از حرارت دادن و گیرش بخش وسیعی از آب تبلور سنگ گچ و سپس آسیاب کردن آن حاصل می‌شود. ملات گچی که برای اندود کردن دیوار، ستون و سفیدکاری استفاده می‌شود، از پاشیدن گرد گچ در آب بدست می‌آید. از اختلاط پودر گچ، خاک رس و آب، ملات خاک گچ بدست می‌آید. خاک رس علاوه بر صرفه جویی اقتصادی در هزینه‌ی ملات، ابتدا آب ملات را جذب می‌کند و سپس پس می‌دهد و به این ترتیب باعث کندگیر شدن گچ و همچنین افزایش خاصیت شکل پذیری آن می‌شود.

ابتدا مصالح استفاده شده در این آزمایش را معرفی می‌کنیم.

گچ: سرعت و شدت واکنش گچ، علاوه بر چگونگی پخت آن به میزان ریزی و درشتی ذرات نیز بستگی دارد، بنابراین دانه بندی در ارزیابی کیفیت گچ تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. دانه بندی نمونه‌های گچ با استفاده از الک استاندارد مشخص می‌شود. در این آزمایش گچ از الک #۳۰ رد شده است.

خاک: با انجام آزمایش‌های دانه بندی و اندازه گیری چگالی ذرات خاک در آزمایشگاه خاک، چگالی خاک 2.81 گرم بر سانتیمتر مکعب و چگالی مخصوص آن $G_s = 2.83$ بدست آمد. نمودار دانه بندی خاک استفاده شده در این پروژه با انجام دانه بندی با هیدرومتر به شکل زیر به دست می‌آید. که بیانگر دانه بندی ریز خاک است.



شکل ۱- تغییرات مقدار ذرات کمتر از قطر D بر حسب قطر ذرات

پس از مشخص شدن ریزدانه بودن خاک، با تعیین حدود اتربرگ نوع آن مشخص شده است. حدود اتربرگ به شرح زیر به دست آمده است.

$$LL = 21.56$$

$$PL = 2.78$$

$$PI = LL - PL \rightarrow PI = 18.78$$

با مقایسه مقدار PI با مقدار بدست آمده از معادله‌ی تجربی خط A ($PI=0.73(LL-20)$) که برابر با ۱.۱۴ است، نتیجه می‌گیریم، خاک ما رس با حد روانی پایین است.

کارهای پیشینیان:

از گچ در صنایع مختلف استفاده می‌شود. برخی از این صنایع عبارتند از: صنعت ساختمان، صنعت سیمان‌سازی، صنعت پزشکی، صنعت رنگ‌سازی، صنعت فلزکاری، کشاورزی، مجسمه‌سازی. کاربرد گچ در ساختمان، به صورت اندود و ملات، قطعات و ورق‌های گچی است که گچ به صورت اندود و ملات به دو صورت زیرکاری و گچ پرداخت تقسیم می‌شود. از اندود گچ و خاک، برای کندگیر شدن ملات گچ و افزایش شکل‌پذیری استفاده می‌شود. از اندود سفید کاری، برای زمانی پس از خشک شدن اندود گچ و خاک استفاده می‌شود که، لایه‌ی اول سفیدکاری روی آن کشیده می‌شود که در این مورد تنها از گچ سفید بدون خاک رس استفاده می‌شود انواع مختلف دیگری از اندودهای گچی وجود دارد که در این خصوص می‌توان به گچ درزگیری، گچ بافت و سطح مخصوص، گچ پاشیدنی و گچ آکوستیکی اشاره کرد.

پژوهش پیش رو:

ما تصمیم گرفتیم با توجه به ویژگی‌های گچ و با مزایای آن، با صرفه‌ترین ملات گچ با کیفیت بالا را بدست آوریم. خاصیت‌های ملات با تغییر در نوع گچ و خاک و همچنین آب مورد استفاده در ملات و نسبت‌های گچ و خاک و آب تغییر می‌کند. برای پیدا کردن ملاتی که از هر جهت دارای بهترین کیفیت باشد، باید بر روی ملات‌ها با تغییر در نوع و نسبت آنها آزمایش کرد و پس از بررسی بر روی شاخص‌های مورد بررسی، نتیجه‌گیری به عمل آورد. بنابراین گچ و خاکی را (که قبلاً در مورد آنها توضیح داده شده است) انتخاب کرده و آزمایش‌های زمان‌گیری، حدروانی و مقاومت فشاری را روی آن‌ها انجام دادیم.

نسبت گچ مورد آزمایش به شرح زیر است:

جدول ۱- مقدار و نسبت گچ و خاک

| شماره | نسبت (%) | مقدار گچ (gr) | مقدار خاک (gr) |
|-------|----------|---------------|----------------|
| ۱ | ٪۱۰۰ | ۲۲۰ | ۰ |
| ۲ | ٪۸۰ | ۱۷۶ | ۴۴ |
| ۳ | ٪۶۰ | ۱۳۲ | ۸۸ |
| ۴ | ٪۵۰ | ۱۱۰ | ۱۱۰ |
| ۵ | ٪۴۰ | ۸۸ | ۱۳۲ |
| ۶ | ٪۲۰ | ۴۴ | ۱۷۶ |

به دلیل نبود دستگاه ویکات اصلاح شده در زمان آغاز به کار، کار با آزمایش زمان‌گیری آغاز شد و به دلیل مشخص نبودن آب متعارف برای هر نسبت، ۳ آب مختلف را آزمایش کردیم. اما در این مقاله ترتیب آزمایش‌ها را همانند ترتیب آزمایش‌ها در استاندارد ملی ایران آورده ایم.

غلظت نرمال گچ پلاستر:

در حین انجام آزمایش زمان‌گیری دستگاه اصلاح شده خریداری شد. بنابراین برای نمونه‌های مختلف این آزمایش را انجام دادیم و برای هر نسبت ۳ حجم مختلف آب را انتخاب کرده، هر آزمایش را ۳ بار انجام دادیم. شرح آزمایش به صورت زیر است:

مقداری از نمونه را وزن کرده، در یک حجم مشخص از آب پاشیده می‌شود. نمونه به اندازه ۲ دقیقه خیس خورده، سپس آن را به مدت ۱ دقیقه با دقت مخلوط کرده تا یک مخلوط روان و یکنواخت به دست آید. نمونه را داخل قالب ریخته و پس از صاف کردن سطح رویی، نوک پیستون مخروطی شکل دستگاه ویکات اصلاح شده را تقریباً بر وسط ملات قرار داده و رها می‌کنند و عدد حاصل را می‌خوانند. وقتی که نفوذی برابر $30 \text{ mm} \pm 2$ حاصل شود، گچ پلاستر خالص با غلظت نرمال در نظر گرفته می‌شود. وزن میله و مخروط در این آزمون ۳۵ گرم می‌باشد.

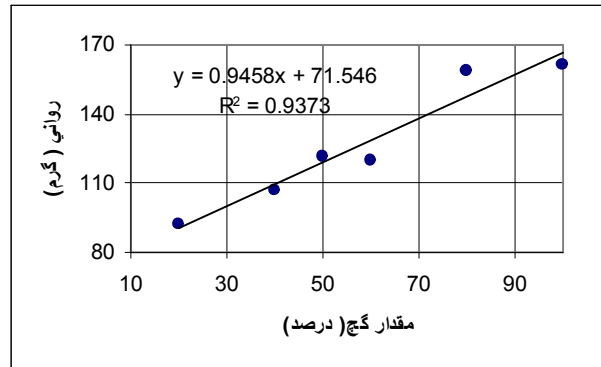


شکل ۲- دستگاه ویکات اصلاح شده

نتایج آزمایش در نموداری به شرح زیر نمایش داده می شود.

جدول ۲- آب متعارف برای مقادیر مختلف گچ

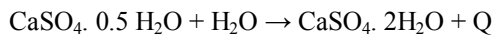
| مقدار گچ (%) | آب متعارف (g) |
|--------------|---------------|
| ۱۰۰ | ۱۶۱.۳۸ |
| ۸۰ | ۱۵۸.۶۱ |
| ۶۰ | ۱۱۹.۸۲ |
| ۵۰ | ۱۲۱.۹۲ |
| ۴۰ | ۱۰۶.۵۲ |
| ۲۰ | ۹۲.۰۷ |



شکل ۳- تغییرات آب متعارف بر اساس مقدار گچ

آزمایش زمان گیرش:

در ابتدا گیرش ملات گچی را تعریف می کنیم. فرایند گیرش ملات گچ، عکس فرایند پخت آن است، به این معنی که گچ پخته با گرفتن کمبود آب تبلور، مجدداً به سولفات کلسیم با دو مولکول آب تبلور تبدیل و سفت و سخت می شود.



زمان گیرش، روند تغییر حالت و چگونگی گیرش ملات گچ را در طول زمان و پس از اختلاط پودر گچ با آب نشان می دهد. به طور کلی گیرش ملات ها دارای دو مرحله ی اولیه و نهایی بوده است. گیرش اولیه شروع به سفت شدن و گیرش نهایی شروع مرحله ی سخت شدن گچ را نشان می دهد. واضح است که حجم آب به صورت سعی و خطا و فرضی در نظر گرفته شده است.

شکل ۴- دستگاه ویکات

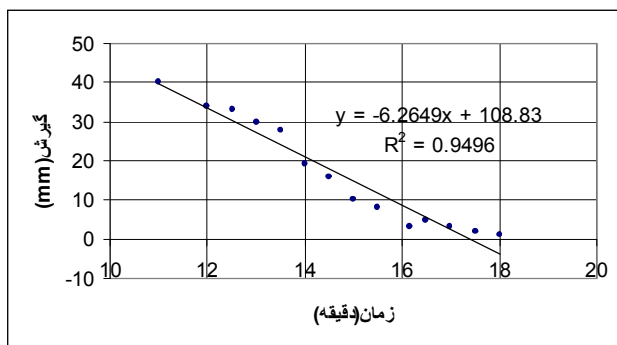


شرح آزمایش: آزمایش زمان گیرش به وسیله ی دستگاه ویکات استاندارد صورت می گیرد. برای انجام این کار وزن مشخصی از گچ و احیاناً خاک را با هم مخلوط کرده و در مقدار معین آب اختلاط می پاشند، در تهیه ی ملات های گچی برای تسریع و بهتر انجام شدن واکنش گچ با آب لازم است همیشه پودر گچ را در آب ریخته و به هم زد و نه بالعکس. بنابراین با اضافه کردن آب به نمونه ی مورد نظر، نمونه به صورت خمیری در آمده و خمیر حاصله در قالب مخروطی شکل ریخته شده و در دستگاه استاندارد ویکات قرار می گیرد. بر اساس این استاندارد زمانی که سوزن نازک دستگاه (سوزن به قطر یک میلی متر) تا یک میلی متر تا انتهای خمیر نفوذ کند، زمان گیرش اولیه در نظر گرفته می شود. و زمانی که سوزن به اندازه حداکثر یک میلی متر از سطح فرو نرود زمان گیرش نهایی در نظر گرفته می شود.

در زیر نمونه ای از اعداد یک آزمایش گیرش و نمودار مربوط به آن نشان داده می شود.

جدول ۳- گیرش گچ برای نمونه با ۶۰٪ گچ

| زمان (min) | گیرش (mm) |
|------------|-----------|
| ۴۰ | ۱۱ |
| ۳۴ | ۱۲ |
| ۳۳ | ۱۲.۵ |
| ۳۰ | ۱۳ |
| ۲۸ | ۱۳.۵ |
| ۱۹ | ۱۴ |
| ۱۶ | ۱۴.۵ |
| ۱۰ | ۱۵ |
| ۸ | ۱۵.۵ |
| ۳ | ۱۶.۶۶۶۷ |
| ۵ | ۱۶.۵ |
| ۳ | ۱۷ |
| ۲ | ۱۷.۵ |
| ۱ | ۱۸ |



شکل ۵- تغییرات گیرش بر حسب زمان

در جدول زیر نتایج زمان گیرش برای هر نسبت و مقادیر مختلف آب اختلاط نشان داده شده است. با توجه به جدول داده ها می بینیم برای نسبت ۶ زمان گیرشی نوشته نشد و در حین انجام این آزمایش، (گچ ۲۰٪)، به دلیل وجود خاک رس بسیار زیاد نمونه تمایلی به گیرش نشان نداد.

جدول ۴-گیرش اولیه و نهایی برای تمام نمونه ها با مقادیر مختلف آب

| شماره نمونه | مقدار آب (gr) | گیرش اولیه (min) | گیرش نهایی (min) |
|-------------|---------------|------------------|------------------|
| ۱ | آب ۱۱۰ | ۶.۵۹ | ۱۵.۳۳ |
| ۱ | آب ۱۲۰ | ۱۰.۶۱ | ۱۴.۴۳ |
| ۱ | آب ۱۳۰ | ۱۲.۷۸ | ۱۰.۳۷ |
| ۲ | آب ۱۱۰ | ۷.۳۸ | ۱۰.۳۴ |
| ۲ | آب ۱۲۰ | ۸.۴۸ | ۱۲.۳۳ |
| ۲ | آب ۱۳۰ | ۱۱.۸۶ | ۱۶.۲۱ |
| ۳ | آب ۱۱۰ | ۸.۹۴ | ۱۴.۶۹ |
| ۳ | آب ۱۲۰ | ۱۱.۱۵ | ۱۷.۲۱ |
| ۳ | آب ۱۳۰ | ۱۰.۳۱ | ۱۸.۲۸ |
| ۴ | آب ۹۰ | ۷.۶۵ | ۱۱.۵ |
| ۴ | آب ۱۰۰ | ۷.۹۹ | ۱۱.۱۸ |
| ۴ | آب ۱۱۰ | ۸.۶۸ | ۱۹.۱۲ |
| ۵ | آب ۸۰ | ۵.۰۷ | ۸.۹۲ |
| ۵ | آب ۹۰ | ۹.۴۴ | ۱۳.۲۶ |
| ۵ | آب ۱۰۰ | ۸.۴۷ | ۱۶.۳۷ |

پس از بدست آوردن آب متعارف برای هر نسبت، باتوجه به داده های موجود در آزمایش گیرش، و درونیایی نمودار، زمان گیرش برای هر کدام از مقادیر آب متعارف بدست آمده است. این مقادیر به شرح زیر می باشد.

جدول ۵- زمان گیرش اولیه و نهایی برای مقادیر آب متعارف مربوط به هر نمونه

| مقدار گچ (%) | آب متعارف (gr) | زمان گیرش اولیه (min) | زمان گیرش نهایی (min) |
|--------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| ۱۰۰ | ۱۶۱.۳۸ | ۲۲.۷۷ | ۲۳.۶۴ |
| ۸۰ | ۱۵۸.۶۱ | ۱۷.۸۸ | ۲۴.۲۹ |
| ۶۰ | ۱۱۹.۸۲ | ۱۰.۱۲ | ۱۶.۶۹ |
| ۵۰ | ۱۲۱.۹۲ | ۹.۲۴ | ۲۲.۲۸ |
| ۴۰ | ۱۰۶.۵۲ | ۱۰.۴۶ | ۱۹ |
| ۲۰ | ۹۲.۰۷ | - | - |

همانطور که قبلاً هم گفته شد، برای نمونه ی سری آخر زمان گیرشی بدست نیامد و با گذشت زمان نمونه، گیرشی از خود نشان نداد. شاید دلیل این نتیجه، مقدار خاک رس ۸۰٪ و گچ ۲۰٪ باشد. که خاک رس به این مقدار زمان گیرش را بسیار افزایش داده است.

مقاومت فشاری:

پس از بدست آوردن آب متعارف برای نسبت های مختلف گچ و خاک، آزمایش مقاومت فشاری را آغاز کردیم. هدف درست کردن ۵ نمونه خشک و ۵ نمونه مرطوب برای هر نسبت بوده است. بنابراین مواد اولیه (گچ و خاک و آب) را ۱۰ برابر کردیم و پس از پاشیدن گچ و خاک درون آب و هم زدن و یکنواخت کردن ملات، آن را درون قالب های مکعبی با ابعاد ۵۰ میلی متر، به صورت دو لایه ی ۲۵ میلی متری ریخته و هوای آن را گرفته و بلافاصله بعد از آن قالب ها را پر و سطح آنها را صاف کرده و سپس از قالب خارج کرده به مدت ۲۴ ساعت در آن مرطوب و ۶ روز در آن خشک نگهداری شد. پس از آن نمونه ها را خارج و آن ها را وزن کرده و سپس ابعاد آن ها اندازه گرفته شد. بعد از آن نمونه ها زیر دستگاه پرس قرار داده شد و بلافاصله با شروع بارگذاری و تغییر درجه ی اندیکاتور، زمان سنج را فعال کرده بنابراین پس از خواندن عدد اندیکاتور و زمان سنج مقاومت فشاری و سرعت بارگذاری بدست آمد. برای بدست آوردن مقاومت فشاری و سرعت بارگذاری، میانگین مقادیر بدست آمده را حساب کرده، چنانچه مقاومت فشاری یک یا دو نمونه بیشتر از ۱۵ درصد با مقاومت میانگین اختلاف داشته، نتایج آن دو نمونه حذف شده، و از مقاومت فشاری نمونه های باقیمانده میانگین گرفته شده است.

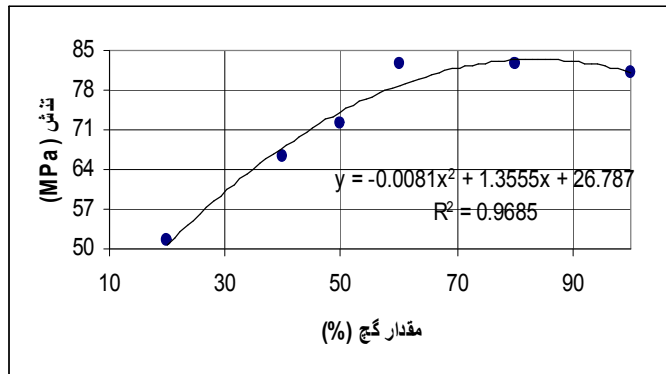


شکل ۶-دستگاه پرس

نمونه هایی که قرار بود مرطوب باشد، از سری سوم به بعد بلافاصله با گذاشتن درون آب، از هم پاشیده شدند. بنابراین در زیر فقط مطالب مربوط به مقاومت فشاری نمونه های خشک نوشته شده است.

جدول ۶- مقادیر تنش بر حسب مقدار گچ

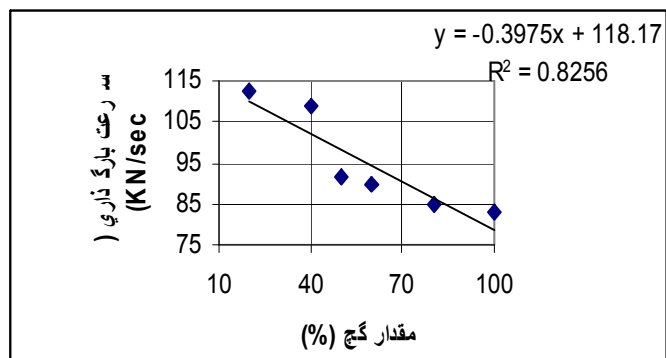
| مقدار گچ (%) | تنش (MPa) |
|--------------|-----------|
| ۱۰۰ | ۸۱.۰۷ |
| ۸۰ | ۸۲.۶ |
| ۶۰ | ۸۲.۷۷ |
| ۵۰ | ۷۱.۹۹ |
| ۴۰ | ۶۶.۴۶ |
| ۲۰ | ۵۱.۵۱ |



شکل ۷- تغییرات تنش بر حسب مقدار گچ

جدول ۷- تغییرات سرعت بارگذاری بر حسب مقدار گچ

| مقدار گچ (درصد) | سرعت بارگذاری (KN/Sec) |
|-----------------|------------------------|
| ۱۰۰ | ۸۲.۸۵ |
| ۸۰ | ۸۴.۹۱ |
| ۶۰ | ۸۹.۵۳ |
| ۵۰ | ۹۱.۵۴ |
| ۴۰ | ۱۰۸.۶۹ |
| ۲۰ | ۱۱۲.۳۹۸ |



شکل ۸- تغییرات سرعت بارگذاری بر حسب مقدار

نتیجه گیری:

زمان گیرش:

با یک نسبت گچ به خاک با افزایش آب، زمان گیرش نیز افزایش می یابد. برای شرایط یکسان با افزایش خاک رس زمان گیرش افزایش پیدا می کند. خاک رس به عنوان کندگیر کننده عمل می کند و بر اساس جدول نهایی زمان گیرش، می توان دید که زمان گیرش برای ملات ۱۰۰٪ گچ، با آب بیشتر از تمام نسبت های دیگر بیشتر است. پس می توان نتیجه گرفت تأثیر آب اختلاط بر روی زمان گیرش از تأثیر خاک رس بر زمان گیرش بیشتر است.

آب متعارف:

در یک نمونه با افزایش آب، حد روانی افزایش پیدا می کند. این نتیجه، نشان می دهد که مقدار آب بیشتر ملاتی روان تر با حد روانی بیشتر ایجاد می کند. در نگاه کلی به تمام نمونه ها می توان دید که آب اختلاط و مقدار گچ با هم نسبت مستقیم دارند. یعنی در جایی که گچ بیشترین حد خود است (۱۰۰٪ گچ)، آب اختلاط بیشترین مقدار را دارد و هر چه خاک رس به ملات اضافه شود، به آب کمتری نیاز است. این بدان معناست که خاک رس باعث روان تر شدن ملات می شود.

مقاومت فشاری:

نمودار مقاومت فشاری بر حسب مقدار گچ، درجه ۲ می باشد. مقاومت فشاری با میزان گچ رابطه مستقیم دارد. و افزایش خاک رس گرچه باعث افزایش روانی ملات می شود ولی باعث کاهش مقاومت فشاری ملات می شود.

نتیجه گیری نهایی:

می توان نتیجه گرفت، زمان گیرش با مقدار خاک رس و مقدار آب نسبت عکس دارد و با افزایش خاک رس، مقدار آب متعارف کاهش پیدا می کند و خاک رس خود باعث افزایش روانی می شود و همچنین افزایش خاک رس باعث کاهش مقاومت می شود.

قدردانی:

با تشکر فراوان از گروه عمران دانشگاه فردوسی و تکنسین آزمایشگاه مصالح ساختمانی و دانشجویان عمران، ورودی سال ۱۳۸۵ دانشگاه فردوسی که در این کار ما را یاری نمودند.

منابع:

- مصالح ساختمانی، تألیف دکتر احد حامی، انتشارات دانشگاه تهران
- مصالح ساختمانی، تألیف دکتر حسن رحیمی
- مصالح ساختمانی و آزمایشگاه، تألیف دکتر حسن صادقی، مهندس پرویز رفعتی، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)