



نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران  
۳ ۱۳۸۳

## اصلاح خواص فیزیکی و مکانیکی سیستم های بر پایه گل رس با استفاده از پلیمر طبیعی (Asphodel)

علیرضا مجرد<sup>\*</sup>، حمید رحیمی<sup>\*</sup>، سید محمد باقر علوی  
تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، گروه کامپوزیت و چسب  
صندوق پستی ۱۴۹۶۵/۱۵۵  
[H.Rahimi@ippi.ac.ir](mailto:H.Rahimi@ippi.ac.ir)  
[Alirezamojarad@yahoo.ca](mailto:Alirezamojarad@yahoo.ca)

### چکیده

در این پژوهش، تاثیر مواد پلیمری طبیعی برای اصلاح خواص گل رس مورد بحث قرار می گیرد. سازگاری بین گل و ماده اصلاح کننده ( پلیمر طبیعی ) طی آزمایش های مختلف بررسی شد. پخت آمیزه های تهیه شده با درصدهای مختلفی از سیستم خاک رس - آب - پلیمر طبیعی در داخل میکروویو انجام شد. جهت بررسی خواص نمونه ها، آزمون های مختلف بر روی آنها انجام شد. میزان جمع شوندگی، دانسیته، میزان جذب آب و استحکام مکانیکی (خمشی) نمونه ها مورد آزمون قرار گرفت. از تست های انجام شده مشخص شد که با افزایش در صد وزنی معینی از پلیمر طبیعی، خواص فیزیکی و مکانیکی سیستم گل رس بطور چشمگیری افزایش می یابد.

**کلمات کلیدی:** خاک رس، سریش، دانسیته، جمع شوندگی، استحکام خمشی و رزول



## مقدمه

علم استفاده از مواد پلیمری برای تقویت خاک هنوز در اصطلاح مهندسی سازه، جدید است [۳]. ساختارهایی که با استفاده از مواد پلیمری ساخته شده‌اند، عمر طراحی شده دارند که از عمر موقت (یک تا پنج سال) تا دایمی (۱۲۰ سال بیشتر) تغییر می‌یابد. تمام مواد پلیمری که برای تقویت در مهندسی ژئوتکنیک بکار می‌روند، در حین فرآورش، در دمایی پایین‌تر از نقطه ذوب کشیده می‌شوند. این عمل مولکول‌های با زنجیره بلند ماده را، به سوی کشیده شده جهت می‌دهد و خواص فیزیکی را در آن سو بسیار تشدید می‌کند. وقتی پلیمری در درون خاک قرار می‌گیرد اثر چندین عامل که به عملکرد کانی‌ها و مواد معدنی موجود در خاک مرتبط‌اند باید مورد توجه قرار گیرد. این عوامل عبارتند از: اسید یا قلیا، نمک‌های محلول نظیر نمک‌های آهن و منیزیم و مواد آلی همانند اسیدهایی که از تخریب و تجزیه مواد آلی دیگر توسط باکتریها حاصل می‌شوند. بطور کلی، عوامل بیولوژیک می‌توانند هم از طریق باکتریها و هم از طریق قارچ‌ها بر روی پلیمرها تاثیر گذارند. چرا که در این موارد این فرآیند بواسطه فعالیت‌های بیولوژیکی ناشی از وجود هیدروکسید آهن، سولفید آهن و پلی ساکاریدهای باکتریایی، انجام می‌پذیرد. بطور کلی تحت تنش قرار دادن پلیمرها به مدت زیاد ممکن است منجر به پدید آمدن یک سری ریز ترک‌های سطحی شود، که این ترک‌های ریز فرآیند تهاجمی شیمیایی یا بیو شیمیایی را به میزان قابل توجهی تشدید می‌نماید [۳]. اهمیت توسعه این ترک‌های ریز برای تنش‌های کششی بسیار بیشتر از تنش‌های فشاری است. بهترین راه در این مسائل انجام آزمایش‌های کامل و در مقیاس حقیقی است. به عنوان مثال، می‌توان عملکرد حقیقی و رفتار پلیمرها را پس از مدتی طولانی، در شرایط استفاده حقیقی آنها در کار، مورد مشاهده قرار داد [۳]. جنبه مهم دیگر سازگاری برهمکنش بین ماتریس خاک رس، و اصلاح‌کننده است [۷]. هدف از انجام این کار پژوهشی تهیه، سازه‌های مهندسی سبک با خواص فیزیکی و مکانیکی بالا جهت کارهای زیربنایی، همچنین موادی زیست تخریب پذیر بعد از عمر طراحی شده، و در نهایت استفاده از مواد ارزان قیمت به لحاظ اقتصادی، می‌باشد. نکته مهمی که در این کار پژوهشی مدنظر قرار گرفته است استفاده از مواد زیست تخریب پذیر با دانسیته پایین و خواص عالی در ساخت سازه‌های متناسب با شرایط زیربنایی کشور، بویژه مناطقی که روی گسل زلزله قرار گرفته‌اند، و همچنین قابل دسترس بودن می‌باشد [۱]. به همین علت لازم می‌نماید بکارگیری موادی مثل پلیمرهای طبیعی (سریش) که در کشور بوفور یافت می‌شود استفاده شود. در این قسمت توضیح مختصری در مورد سریش داده می‌شود تا زمینه استفاده از این مواد فراهم گردد. سریش دارای مواد لعابی و چسب داری می‌باشد که از آن در صحافی، کفاشی و نقاشی منازل استفاده می‌شود. در این پژوهش با افزایش پلیمر طبیعی به ماتریس گل رس خواص فیزیکی و مکانیکی متحول می‌شود. کمبود سیمان در اکثر مناطق ایران و ناآشنائی کارگران محلی در کاربرد بتن ایجاب ضرورت ماده دیگری مانند ساروج که بتواند استحکام و اقتصاد کارهای سیمانی در مناطقی که از وجود سیمان برخوردار نیستند، می‌نماید. مصالحی که برای ساخت سازه‌ای همانند ساروج لازم است عبارتند از: آهک، خاک رس، سریش، الیاف طبیعی (موی بز)، رزول، ماسه بادی، خاکستر و لوئی که به ارزانی در تمام نقاط ایران یافت می‌شود، قابل ذکر است. طبق روش‌های باستانی هفت روز برای ساخت و عمل‌آوردن ساروج لازم است و در ضمن گفته می‌شود که لااقل مدت بیست سال لازم است

که مقاومت ساروج بتواند از مقاومت بتن بیشتر شود. هدف پروژه فوق، رسیدن به خواص ساختمانی ساروج و کوتاه کردن مدت ساخت و عمل آوردن آن و بالاخره تسریع مدت رسیدن به مقاومت نهائی آن است [۲].

## تجربی

### مواد

در این پژوهش خاک رس تهیه شده از جنوب تهران با ترکیبات (  $\text{SiO}_2$  ،  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ،  $\text{CaCO}_3$  ،  $(\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$  [۱]. سریش از محصولات موجود در بازار. رزول پایه الکلی از شرکت رزیتان، استفاده شده است.

### دستگاه ها

آون معمولی مدل JP20 ساخت شرکت ژاپنی برای پخت نمونه ها، از میکسر مدل RZR 2102 ساخت هیدولف آلمان با ۲۰۰۰ دور در ثانیه برای مخلوط کردن نمونه ها، دستگاه میکروبیو مدل NN - C2002 ساخت شرکت پاناسونیک ژاپن، مخلوط کن دو غلتکی ساخت آلمان با نام Polymix مدل 200L برای مخلوط کردن اجزای آمیزه، دستگاه اینسترون مدل ۶۰۲۵ برای آزمون خمش نمونه ها، استفاده شده است.

## روشها

### قالبگیری

قالبگیری این ترکیبات در فشار ۲ بار، دمای ۱۰۰°C تا ۲۰۰°C و زمان های متفاوت برحسب نمونه با فرمول بندی خاص، در قالب تفلونی به ابعاد  $160 \times 2 \times 1$  mm انجام شد.

### روش تهیه نمونه ها

در این مرحله با توجه به حجم نمونه و چگالی مواد اولیه مقدار هر ماده با توجه به فرمولبندی ارائه شده در جدول ۱ و ۲ توزین شد. نمونه های مختلف با درصد های متفاوت سریش مطابق جدول ۱ تهیه شد. برای اختلاط مواد هر فرمولبندی، سرعت مخلوط کن روی ۴۰۰ rpm و دمای بدنه مخلوط کن در ۲۵ درجه سانتیگراد تنظیم می شود.

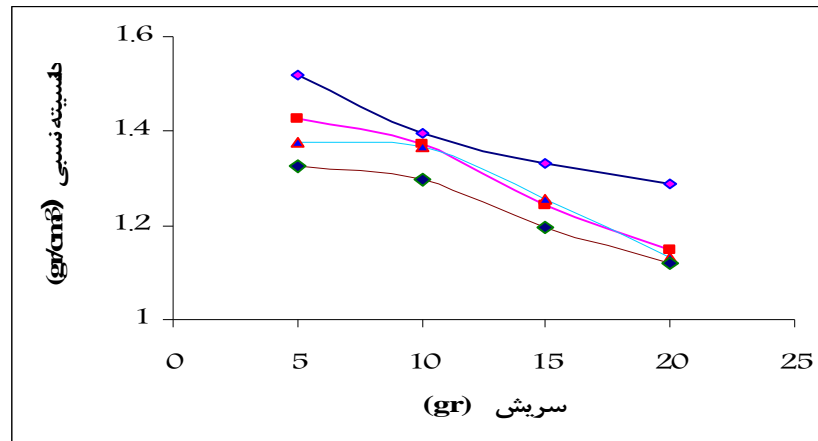
## نتایج و بحث

### بررسی خواص فیزیکی

#### بررسی دانسیته

یکی از ویژگیهای مهم سازه های مهندسی دانسیته آنهاست، نتایج حاصل از بررسی های انجام شده به صورت نمودار در شکل ۱ آمده است. از منحنی شکل ۱ معلوم می شود که با افزایش درصد وزنی پلیمر طبیعی (سریش) دانسیته، افت پیدا کرده است. لازم به توضیح است که افزایش پلیمر طبیعی همانند پلی ساکاریدها

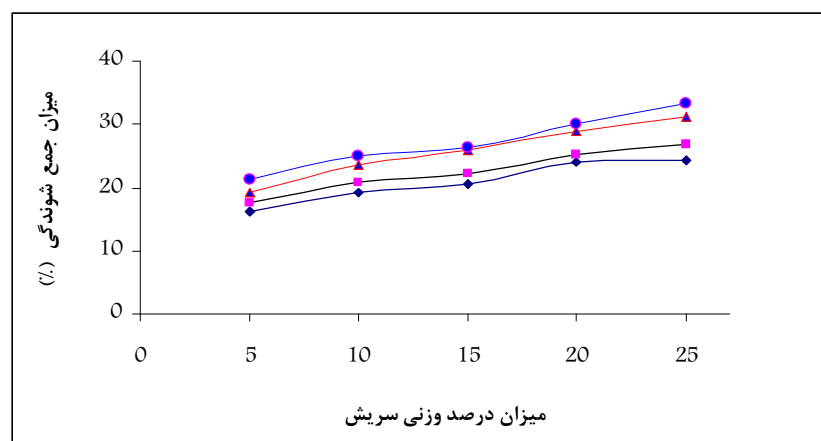
با زنجیر های آلی بیشتر به ماتریس گل رس با دانسیته بالا، باعث کاهش دانسیته نمونه بدست آمده، و یا به عبارتی باعث افزایش چقرمگی شکست (مقاومت ضربه ای) سازه مهندسی می گردد [۴۰۶].



شکل ۱- منحنی دانسیته نسبی با تغییر درصد وزنی سریش، برای نمونه های مختلف بر پایه گل رس.

### بررسی میزان جمع شوندگی

نتایج حاصل این پژوهش نشان می دهد که میزان جمع شوندگی نمونه های بر پایه ماتریس گل رس با افزایش درصد وزنی پلیمر طبیعی (سریش) و مقدار آب، بعد از پخت در داخل مایکروویو افزایش می یابد. شایان ذکر است که با افزایش پلیمر طبیعی در فرمول بندی های A10W(60,70,08,90) و A15W(70,80,09,100) سیستم متورم می گردد و با افزایش آب، جمع شوندگی سیستم افزایش می یابد. در یک ترکیب درصد وزنی خاص این دو اثر همدیگر را خنثی می کنند [۴۰۶].



شکل ۲- نمودار جمع شوندگی (%) با تغییرات میزان درصد وزنی سریش.

### بررسی میزان جذب آب

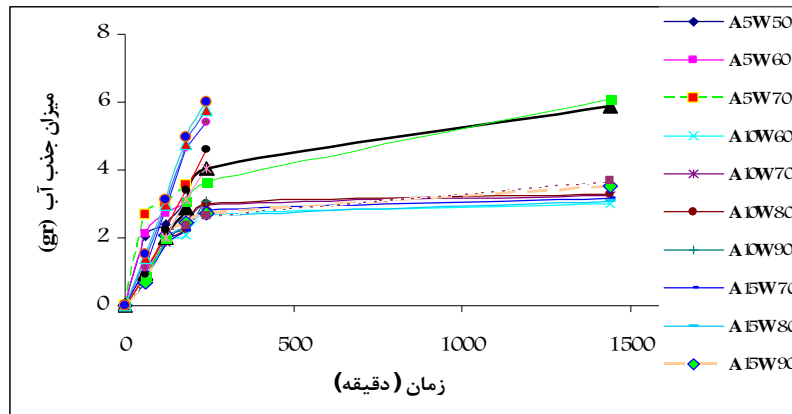
جذب آب سازه تهیه شده از ماتریس گل رس، یکی از مهمترین ویژگی‌های آن است، بویژه سازه‌هایی که مدام در معرض رطوبت قرار می‌گیرند باید کمترین میزان جذب آب را داشته باشند. همانگونه که از جدول ۲ مشاهده می‌شود میزان جذب آب برای نمونه‌های مختلف بر پایه ماتریس گل رس - پلیمر طبیعی در زمان‌های مختلف مورد آزمون قرار گرفته‌است و از روی داده‌های بدست آمده مشخص می‌شود که سازه‌های با فرمول بندی A10W(60,70,80,90) و A15W(70,80,90,100) بعد از سپری شدن ۲۴ ساعت ساختار خود را حفظ نموده، و بقیه نمونه‌ها بتدریج تخریب می‌شوند. برای رسیدن به خواص بهینه، آن فرمول‌بندی به عنوان مرجع انتخاب می‌شود که از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی و میزان مصرف پلیمر طبیعی محدوده وسیعی را پوشش دهد تا در صورت تضعیف خواص بتوان دلیل‌هایی را برای آن پیشنهاد کرد. در اینجا فرمول بندی ایده‌آل از نظر جذب آب و مقدار پلیمر بکار رفته، ترکیب درصد C100A10، که از نظر توجیه اقتصادی و انرژی لازم برای فرآورش آن قابل توجیه می‌باشد. همان طور که از جدول ۲ پیداست میزان جذب آب برای نمونه‌های مختلف بر پایه گل رس، با افزایش درصد وزنی سریش، افزایش چشمگیری داشته‌است. زیرا پلی ساکارید ها به علت داشتن تعداد زیاد باند های OH در ساختار خود با مولکول های آب، پیوندهای هیدروژنی زیادی برقرار کرده، و در نتیجه آب بیشتری را از محیط جذب می‌نمایند [۵۶].

جدول ۲ - میزان جذب آب نمونه های مختلف بر پایه گل رس با افزایش در صد وزنی سریش. C: خاک رس، A:

سریش، W: آب

ملاحظات	میزان جذب آب (گرم) بعد از ۲۴ ساعت	میزان جذب آب (گرم) بعد از ۴ ساعت	میزان جذب آب (گرم) بعد از ۳ ساعت	میزان جذب آب (گرم) بعد از ۲ ساعت	میزان جذب آب (گرم) بعد از ۱ ساعت	کد نمونه
نمونه های A10W(60,70,80,90) و A15W(70,80,90,100) بعد از ۲۴ ساعت ساختار شان را حفظ نموده، بقیه نمونه ها تخریب می‌شوند.	-	-	۳۰۷	۲۴۰	۲۰۳	C100A5W50
	-	-	۳۴۹	۲۷۱	۲۱۲	C100A5W60
	-	-	-	۳۰۱	۲۷۰	C100A5W70
	-	-	-	-	-	C100A5W80
	۳۰۲	۲۷۰	۲۰۹	۱۸۹	۰۹۱	C100A10W60
	۳۲۶	۲۹۶	۲۴۱	۱۸۷	۰۷۴	C100A10W70
	۳۲۹	۳۰۲	۲۲۳	۱۹۴	۰۸۵	C100A10W80
	-	۳۰۷	۲۳۰	۲۰۲	۰۸۱	C100A10W90
	۳۱۸	۲۸۰	۲۲۱	۱۷۹	۰۷۹	C100A15W70
	۳۱۰	۲۶۵	۲۳۸	۱۹۴	۰۷۷	C100A15W80
	۳۵۱	۲۷۱	۲۴۴	۲۱۰	۰۷۰	C100A15W90
	۳۷۰	۲۶۶	۲۳۶	۲۰۸	۰۸۴	C100A15W100
	۵۸۹	۴۰۳	۲۸۹	۲۰۲	۰۹۶	C100A20W80
	۶۰۷	۳۶۵	۳۱۰	۱۹۷	۰۸۷	C100A20W90
	-	۴۰۴	۳۱۲	۱۹۹	۰۹۵	C100A20W100
	-	۴۶۰	۳۴۱	۲۲۴	۰۹۳	C100A20W110
	-	۵۴۱	۴۶۵	۲۸۹	۱۱۳	C100A30W100
	-	۵۷۸	۴۷۷	۲۹۷	۱۰۴۲	C100A40W120
-	۶۰۱	۴۹۶	۳۱۲	۱۵۱	C100A50W140	

چنانچه در شکل ۶ دیده می‌شود با افزایش ترکیب در صد وزنی سریش در ماتریس گل رس، میزان جذب آب تا زمان سپری شدن ۴ ساعت افزایش بیشتر، بعد از آن تقریباً ثابت یا افزایش ملایمی را طی می‌کند.

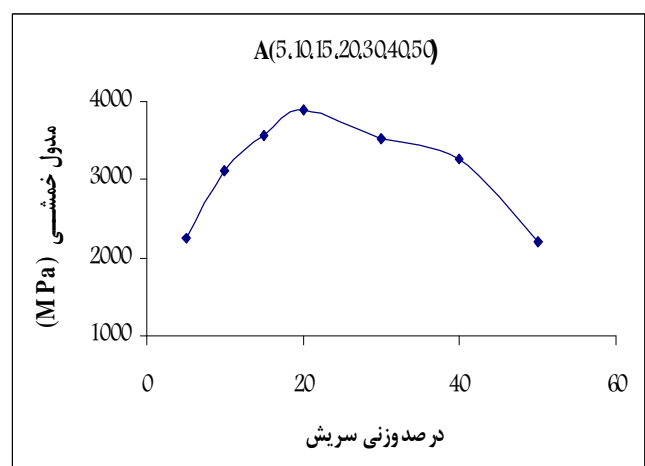
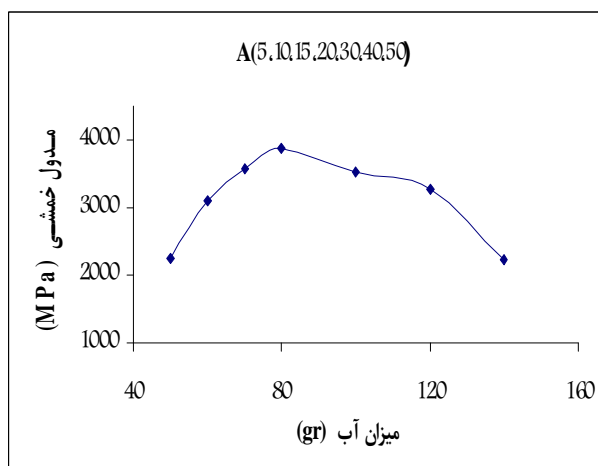


شکل ۳ - نمودار تغییرات جذب آب (گرم) بر حسب زمان برای نمونه های مختلف بر پایه گل رس تهیه شده بوسیله مخلوط کننده دو غلتکی.

### بررسی خواص مکانیکی

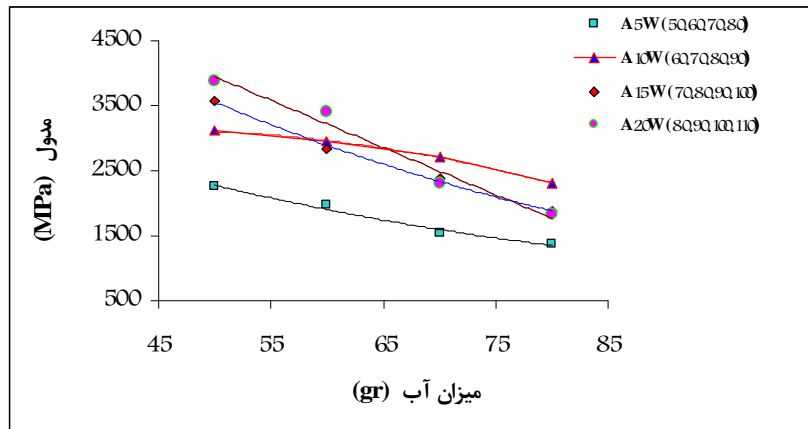
#### خواص خمشی

با استفاده از این آزمون، مدول خمشی و میزان خمش آمیزه های تقویت شده با پلیمر طبیعی و Load بر حسب Deflection تمام نمونه ها بررسی شد. در کلیه فرمول بندی ها نتایج استحکام خمشی نشان می‌دهد که با افزایش پلیمر طبیعی، این خاصیت تا درصد وزنی مشخص سریش (۵ تا ۲۰ درصد) روند افزایشی، بعد از آن طبق نمودار شکل ۴ سیر نزولی خواهد داشت که دلیل این پدیده افزایش شدید نیروهای بین مولکولی ناشی از وجود پلی ساکارید است. در فرمول بندی های C100A(5,10,15,20) تغییرات مدول خمشی با افزایش میزان درصد وزنی سریش روند افزایشی دارد [۷].



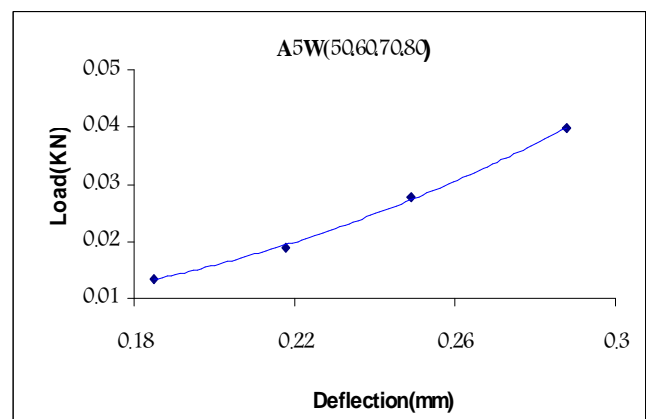
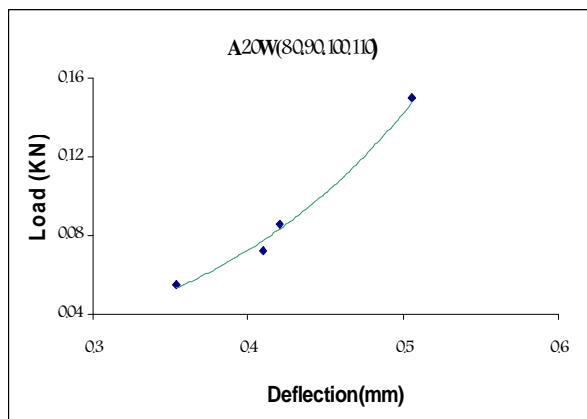
شکل ۴ و ۵ - نمودار تغییرات مدول خمشی با افزایش درصد وزنی پلی ساکارید و آب.

از نتایج بدست آمده در شکل ۶ می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که یک مقدار آب بهینه برای تمامی فرمولاسیون‌ها وجود دارد که این مقدار آب بهینه، همان کمترین مقدار آب برای خیس کردن آمیزه می‌باشد که مدول در آن ترکیب درصد وزنی بیشترین می‌باشد. همچنین از منحنی منحنی‌های بدست آمده معین می‌شود که آمیزه با فرمول بندی C100A20W80 دارای بیشترین مدول است.



شکل ۶ - منحنی مقدار آب بهینه برای تمامی فرمولاسیون‌های بر پایه گل رس.

همانطور که مشاهده می‌شود بر طبق منحنی شکل ۶ با افزایش میزان آب در تمام فرمول‌های مدول خمشی کاهش می‌یابد که علت این امر این است که با افزایش میزان درصد آب، حفرات ریزی در سیستم گل رس - پلیمر طبیعی بوجود می‌آیند که این حفرات به نوبه خود باعث افت خواص مکانیکی و فیزیکی می‌گردند.



شکل ۷ و ۸ - نمودارهای میزان نیروی اعمال شده (KN) بر حسب خمش (mm).

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمون تست خمش در شکل ۶ و ۷ می‌توان پیش بینی کرد که با افزایش میزان درصد وزنی پلی ساکارید (از ۵ تا ۲۰ درصد) مقدار نیروی لازم برای خمش قطعه، افزایش می‌یابد. و در یک ترکیب درصد ثابت نیروی اعمالی بر حسب خمش با افزایش آب، کاهش پیدا می‌کند.

## نتیجه گیری

- با توجه به نتایجی که در قسمت های قبل ارائه شد نتیجه گیری کلی زیر را می توان استنتاج کرد :
- با افزایش در صد وزنی پلیمر طبیعی (پلی ساکارید) دانسیته، بطور چشمگیری افت پیدا کرده است.
  - میزان جمع شوندگی نمونه های بر پایه ماتریس گل رس با افزایش درصد وزنی پلیمر طبیعی (سریش) و مقدار آب، بعد از پخت در داخل مایکروویو افزایش نشان می دهد.
  - با افزایش پلیمر طبیعی در فرمول بندی های A10W(60,70,08,90) و A15W(70,80,09,100) سیستم متورم می گردد و با افزایش آب، جمع شوندگی سیستم افزایش می یابد. در یک ترکیب درصد وزنی خاص این دو اثر همدیگر را خنثی می کنند.
  - میزان جذب آب برای نمونه های مختلف بر پایه خاک رس، با افزایش درصد وزنی پلیمر طبیعی، افزایش نشان می دهد.
  - با افزایش ترکیب در صد وزنی سریش در ماتریس گل رس، میزان جذب آب تا زمان سپری شدن ۴ ساعت افزایش بیشتر، بعد از آن تقریباً ثابت یا افزایش ملایمی را طی می کند.
  - در فرمول بندی های C100A(5,10,15,20) تغییرات مدول خمشی با افزایش میزان درصد وزنی پلی ساکارید روند افزایشی دارد.
  - با افزایش درصد وزنی پلی ساکارید (از ۵ تا ۲۰ درصد) مقدار نیروی لازم برای خمش قطعه، افزایش می یابد.
  - در یک ترکیب درصد ثابت نیروی اعمالی بر حسب خمش با افزایش آب، کاهش پیدا می کند.

[www.kashefgroup.com](http://www.kashefgroup.com)

**مشاوره در امور فرمولاسیون، ساخت و تولید**

**تجهیزات و مواد شیمیایی صنعتی و آزمایشگاهی**

**گروه شیمیایی کاشف**



## منابع و مراجع

۱. علیرضا مجرد، حمید رحیمی، سید محمد باقر علوی، بررسی خواص فیزیکی گل رس اصلاح شده با روغن بزرک (Linseed oil)، نهمین کنگره مهندسی شیمی ایران، سال نهم، تیر (۱۳۸۳).
۲. مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران، "استفاده از ساروج به جای بتن"، دانشگاه شریف - دانشکده مهندسی سازه، طرح پژوهشی، [www.database.irandoc.ac.ir](http://www.database.irandoc.ac.ir).
3. Jewell, R.A, Soil reinforcement with geotextile, London CIRIA, xxiv, 332p.:ill, (1996)
4. K. S. Subba Rao, S. Gangadhara, "Swelling Behavior of Desiccated Clay", American Society for Testing and Materials Journal, x: 193-200, (2000).
5. P.M.S. Reid, "Kaolin: Processing Properties and Application", Applied Polymer Science, 47: 839-846, (1993).
6. Worrall, W.E, Clay and Ceramic raw materials, London Elsevier, xvi,468 P. illus. diagrs.tables.25 cm, (1987).
7. Polymer – modified hydraulic – cement mixture, American Society for Testing and Materials (ASTM) Philadelphia, 154 p.: ill, (1993).