

# کاربرد سنگ تراس جاجرود و اصلاح خواص آن با استفاده از افزودنی‌های شیمیایی فوق روان کننده (sp)

دکتر علی اکبر رمضانپور

استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مهندس محمدرضا شاهنظری

مدرس دانشگاه امام حسین

چکیده

نتایج آزمایشهای انجام شده روی بتنی که با جایگزینی ۱۵ درصد سیمان پرتلند توسط گورد سنگ تراس جاجرود ساخته شده، نشان داده که به علت گوشه دار بودن ذرات تراس (بر اساس مشاهدات میکروسکوپی) مصرف آن باعث کاهش کارآئی و در نتیجه مصرف آب بیشتری جهت رسیدن به یک اسلامپ مشخص می شود و این افزایش در آب مصرفی باعث اثرات منفی در خصوصیات بتن خواهد شد. [۱]  
در این کار آزمایشگاهی سعی شده با مصرف یک نوع افزودنی فوق روان کننده، ساخت ایران که کیفیت آن در آزمایشهای جداگانه‌ای کنترل شده، امکان رفع این نارسائی بررسی شود. بر این اساس بتنی با کاربرد ۱۵٪ تراس جاجرود (جایگزین سیمان پرتلند) و درصد بهینه فوق روان کننده، و با اسلامپی برابر با اسلامپ بتن کنترل ساخته شده و خواص مهندسی و پایائی آن با خصوصیات بتن کنترل مقایسه شده است. نتیجه حاصل از بررسیها این بوده که بدین گونه می توان ضمن صرفه جویی در مصرف سیمان پرتلند، بتنی با خصوصیات بهتر از بتن معمولی به دست آورد.

## Properties of Concretes Made with Trass Obtained from Damavand and a Superplasticizer

A.A.Ramezani pour, Ph.D.

Civil, Eng. Dept. Amirkabir Univ. of Tech.

M.R.Shahnazari, M.Sc.

Imam Hossein Univ. - Iran

### ABSTRACT

*In this work the properties of concretes made with Trass Portland Cement has been assessed. The use of 15 percent Trass replaced by cement has given a low slump concrete. This has been modified by the use of a Superplasticizer from a home factory. The engineering properties and durability of these concretes have been compared with control concrete. Results have shown that the mixes containing trass have better performance than normal mixes.*

## ۱. مقدمه

پوزلانه‌ها مواد سیلیسی یا سیلیسی آلومینیومی می‌باشند که خود به‌تنهایی خاصیت سیمانی و چسبانندگی ندارند و یا مقدار آن خیلی کم است، اما به‌شکل ذرات بسیار ریز در مجاورت رطوبت و درجه حرارت معمولی با هیدروکسید کلسیم واکنش شیمیایی داشته و ترکیباتی را به‌وجود می‌آورند که خاصیت چسبندگی و سیمانی دارند. پوزلانه‌ها معمولاً با درصد مشخصی جایگزین سیمان پرتلند می‌شوند و افزودن آنها بسیاری از خصوصیات بتن را تحت تاثیر قرار می‌دهد که بعضی اثرات فیزیکی و بعضی دیگر ناشی از واکنش پوزلانی می‌باشند. البته در مصرف پوزلانه‌ها نقاط ضعفی نیز وجود دارد که به‌نظر می‌رسد به‌کمک افزودنی‌های شیمیایی می‌توان تا حدی آنها را برطرف ساخت.

تراس جاجرود یکی از فراوانترین پوزلانه‌های طبیعی ایران است که از آسیاب کردن توفهای آتشفشانی حوالی ده‌آوند به‌دست می‌آید و دارای رنگ سبز ملایمی می‌باشد. جاجرود در شمال ایران واقع شده و توجه به‌نقشه زمین‌شناسی ناحیه دماوند نشان می‌دهد که ناحیه وسیعی از منطقه دماوند توسط این توف سبزرنگ که از بقایای آتشفشان خاموش دماوند می‌باشد، پوشیده شده است و ضخامت آن در بعضی نقاط به ۱۵۰ متر می‌رسد. اجزای شیمیایی تشکیل‌دهنده تراس جاجرود در جدول ۱ داده شده‌اند.

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
%60.86	%22.8	%4.66

براساس استاندارد ASTM-C618 پوزلانه‌های طبیعی باید حداقل ۷۰ درصد از سه اکسید SiO<sub>2</sub>، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> داشته باشند و همان‌گونه که ملاحظه می‌شود تراس جاجرود دارای ۸۳/۶ درصد از سه اکسید فوق می‌باشد و از این لحاظ با مشخصات استاندارد مطابقت دارد.

## ۲. آزمایشها:

به‌منظور تعیین خواص مهندسی و مقایسه آنها دو نوع مخلوط بتن کنترل و مخلوط بتن حاوی ۱۵ درصد تراس (جایگزین سیمان پرتلند) و ۱/۵ درصد فوق‌روان‌کننده (نسبت به وزن سیمان) و با اسلامپ ثابت ساخته شد. ضمن اندازه‌گیری میزان آب مصرفی در هریک از این مخلوطها، نمونه‌هایی از آنها جهت تعیین مقاومت فشاری، مقاومت کششی و جمع‌شدگی ساخته شدند. مقاومت فشاری با استفاده از روش استاندارد تک‌محوری، مقاومت کششی با استفاده از روش دو نیم کردن و جمع‌شدگی با استفاده از کرنش‌سنجی با دقت ۱۰ میکرواسترین تعیین گردید.

مناظر با دو نوع مخلوط بتن فوق، دو نوع ملات نیز با حذف شن و آب جذب‌شونده توسط آن از اجزاء تشکیل‌دهنده بتن‌ها ساخته شد. از این ملاتها نیز نمونه‌هایی جهت اندازه‌گیری عمق کرناتاسیون و پایایی در محیط سولفاتی تهیه گردید، عمق کرناتاسیون نمونه‌ها با شکستن آنها و آغشتن مقاطع با فنل‌فئالین تعیین گردید. همچنین نیمی از نمونه‌های ساخته شده برای اندازه‌گیری پایایی در محیط سولفاتی

در آب و نیمی دیگر در محلول ۴٪ سولفات سدیم نگهداری شدند و در طول زمان انجام آزمایشها PH محلول سولفاتی با افزودن اسید سولفوریک در حدود ۶ نگهداری شد. در نهایت میزان کاهش مقاومت فشاری نمونه‌های موجود در محیط سولفاتی نسبت به نمونه‌های موجود در آب به‌عنوان شاخصی از پایایی در محیط سولفاتی در نظر گرفته شد.

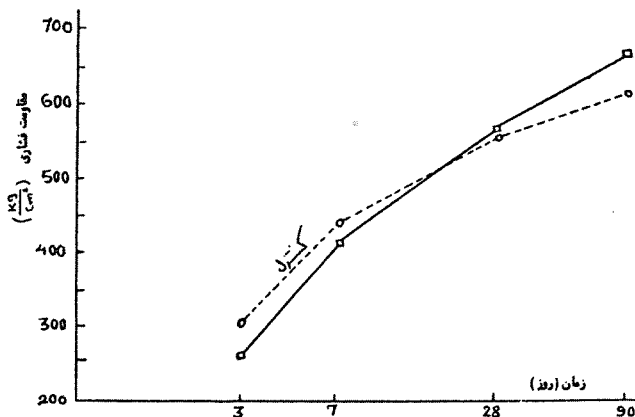
## ۳. نتایج آزمایشها:

### ۳.۱. میزان آب مصرفی

با توجه به اینکه معیار ساخت مخلوطهای بتن رسیدن به یک اسلامپ مشخص بوده است، مقدار آب مصرفی در بتن حاوی تراس برابر ۹۳ درصد آب مصرفی در بتن کنترل به‌دست آمد. بنابراین کاهش آب ناشی از به‌کارگیری فوق‌روان‌کننده در بتن حاوی تراس توانست ضمن خنثی نمودن تاثیر تراس در افزایش آب مصرفی، مقدار آب مصرفی را ۷ درصد نسبت به بتن کنترل کاهش دهد.

### ۳.۲. مقاومت فشاری

براساس نتایج به‌دست آمده از آزمایشها، منحنی‌های تغییرات مقاومت فشاری دو نوع مخلوط بتن در شکل (۱) داده شده‌اند.



شکل ۱. منحنی‌های تغییرات مقاومت فشاری

همچنین در جدول (۲) درصد مقاومت فشاری بتن حاوی تراس و فوق‌روان‌کننده نسبت به مقاومت بتن کنترل در سنین مختلف محاسبه شده است.

جدول (۲)

سن نمونه (روز)	۳	۷	۲۸	۹۰
درصد مقاومت بتن‌های حاوی پوزلان و فوق‌روان‌کننده نسبت به بتن کنترل	۸۵	۹۴	۱۰۱/۱	۱۰۹

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود اگرچه در سنین اولیه مقاومت بتن حاوی تراس از بتن کنترل کمتر بوده، ولی سرعت افزایش مقاومت آن از سرعت افزایش مقاومت بتن کنترل بیشتر بوده و در نهایت مقاومت

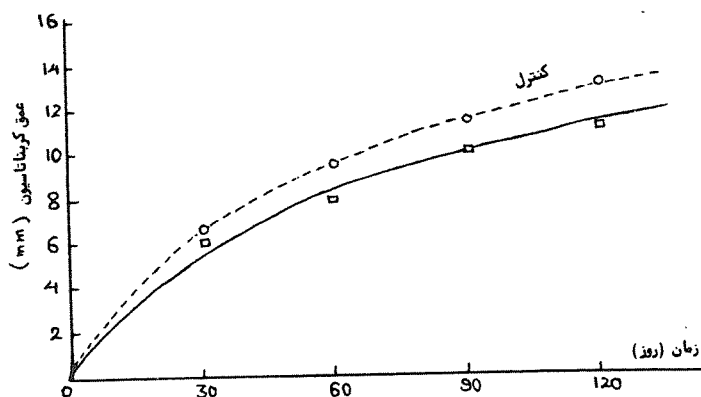
جدول (۴)

سن روز	۳	۷	۲۸	۹۰
درصد انقباض بتن حاوی پوزلان و فوق‌روان‌کننده نسبت به بتن کنترل	۳۲/۵	۴۹/۲	۹۳/۷	۹۵/۸

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، اگرچه درصد جمع‌شدگی نسبت به بتن کنترل با گذشت زمان زیادتر شده، ولی تا ۹۰ روز هنوز میزان جمع‌شدگی از جمع‌شدگی بتن کنترل کمتر است و با توجه به روند نزدیک شدن آن به جمع‌شدگی بتن کنترل، احتمال افزایش از میزان ۱۰۰ درصد خیلی کم است.

### ۳.۵. عمق کرنباتاسیون:

با استفاده از نتایج آزمایشها، منحنی‌های تغییرات عمق کرنباتاسیون برحسب زمان در شکل (۳) ترسیم شده‌اند.



شکل ۳. منحنی‌های تغییرات عمق کرنباتاسیون

مشاهده می‌شود که مصرف ۱۵ درصد تراس به‌صورت جایگزین سیمان پرتلند و به‌کارگیری افزودنی فوق‌روان‌کننده باعث بهبود پایایی در مقابل کرنباتاسیون شده و به‌طور متوسط عمق کرنباتاسیون به میزان ۱۲/۲ درصد نسبت به نمونه ملات کنترل کاهش یافته است. براساس تجربیاتی که تاکنون به دست آمده تنها مصرف تراس نمی‌تواند باعث چنین بهبودی در پایایی ملات شود و آنچه باعث این بهبود چشمگیر شده استفاده از افزودنی فوق‌روان‌کننده می‌باشد.

### ۳.۶. پایایی در محیط سولفاتی

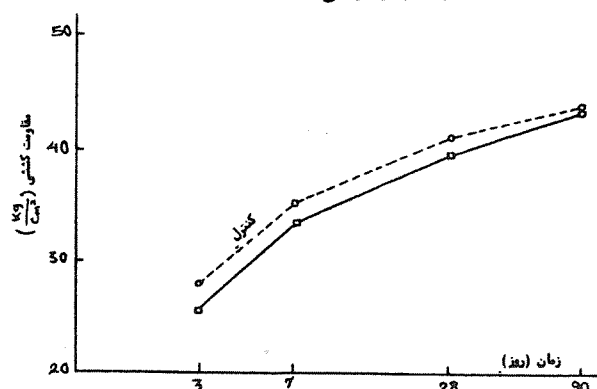
منحنی‌های تغییرات مقاومت فشاری دو نوع ملات در آب و در محیط سولفاتی در شکل (۴) داده شده‌اند.

همان‌گونه که در قسمت ۲ توضیح داده شد کاهش مقاومت نمونه‌های محیط سولفاتی نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در آب در مورد هر ملات به‌عنوان معیاری جهت مقایسه پایایی در محیط سولفاتی در نظر گرفته شد. در جدول (۵) این درصد کاهش مقاومت پس از گذشت ۹۰ روز داده شده است.

آن از مقاومت بتن کنترل بیشتر شده است. دلیل این پدیده را می‌توان در واکنش‌های پوزلانی جستجو کرد. در سنین اولیه این واکنشها بسیار جزئی می‌باشند و جالب توجه است که اگر فرض کنیم تا سن ۳ روزه ۱۵ درصد پوزلان موجود واکنشی انجام ندهد، ۸۵ درصد سیمان پرتلند در مخلوط بتن مقاومتی معادل ۸۵ درصد مقاومت بتن کنترل ایجاد کرده است. البته چنین رابطه خطی بین مقدار سیمان و مقاومت یک رابطه کلی نیست. با گذشت زمان و با آغاز واکنش‌های پوزلانی درصد مقاومت افزایش یافته و سرانجام از مقاومت بتن کنترل بیشتر شده است.

### ۳.۳. مقاومت کششی

منحنی‌های شکل (۲) نشان‌دهنده تغییرات مقاومت کششی در مخلوط‌های بتن برحسب زمان می‌باشند.



شکل ۲. منحنی‌های تغییرات مقاومت کششی

همچنین در جدول (۳) درصد مقاومت کششی بتن حاوی تراس و فوق‌روان‌کننده نسبت به بتن کنترل محاسبه شده است.

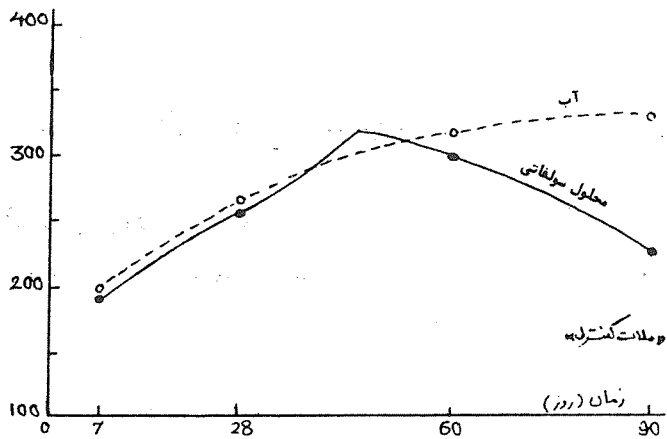
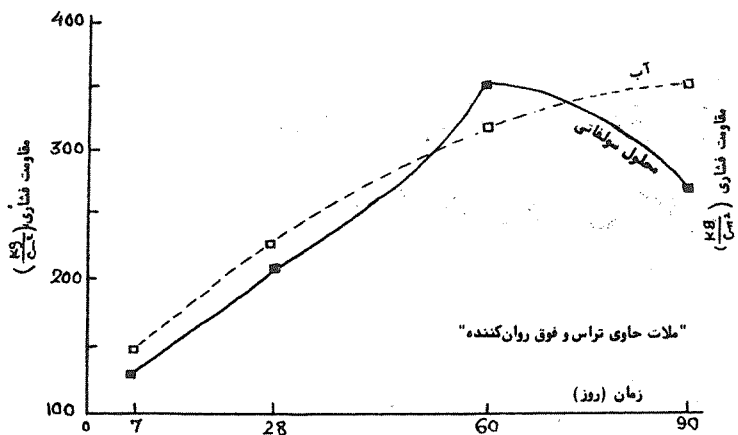
جدول (۳)

سن نمونه (روز)	۳	۷	۲۸	۹۰
درصد مقاومت کششی بتن حاوی پوزلان و فوق‌روان‌کننده نسبت به بتن کنترل	۹۰/۹	۹۵/۱	۹۵/۸	۹۹/۸

در مورد مقاومت فشاری مشاهده شد که استفاده از افزودنی فوق‌روان‌کننده باعث افزایش مقاومت بتن حاوی تراس نسبت به بتن کنترل پس از ۲۸ روز گردید. در اینجا هم درصد مقاومت کششی بتن حاوی تراس و فوق‌روان‌کننده نسبت به مقاومت کششی بتن کنترل با گذشت زمان افزایش یافته و پس از ۹۰ روز تقریباً "به ۱۰۰ درصد رسیده است و مطمئناً با گذشت زمان بیشتر خواهد شد.

### ۳.۴. جمع‌شدگی

براساس نتایج حاصل از اندازه‌گیریهای جمع‌شدگی در جدول (۴) درصد جمع‌شدگی بتن حاوی تراس و فوق‌روان‌کننده نسبت به جمع‌شدگی بتن کنترل محاسبه شده است.



شکل ۴. منحنی های تغییرات مقاومت فشاری ملاطها در آب و در محلول سولفاتی

#### ۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده بالا ملاحظه می شود که جایگزینی ۱۵ درصد از سیمان پرتلند توسط تراس جاجرود و کاربرد افزودنی فوق روان کننده به همراه آن در بتن باعث دستیابی به بتنی با خصوصیات بهتر نسبت به بتن کنترل خواهد شد. حتی صرف نظر از بهبود چشمگیر خواص مهندسی و پایایی این بتن و با فرض وضعیتی معادل با بتن معمولی، می توان کاهش هزینه ناشی از حذف سیمان پرتلند را با افزایش هزینه ۱۵ درصد تراس و ۱/۵ درصد افزودنی فوق روان کننده مقایسه نمود. لازم به تذکر است که براساس ارزیابیهای که صورت گرفته، قیمت تراس جاجرود ۱/۵ قیمت سیمان پرتلند تهران برآورد شده است.

در پایان توصیه می شود با توجه به نتایج خوبی که از مصرف درصدی تراس به همراه افزودنی فوق روان کننده ساخت ایران به دست آمده، روشهای تولید صنعتی انبوه و همچنین روشهای مصرف تراس، بخصوص در بتنهایی که نیاز به مقاومت اولیه بالایی ندارند، بطور جدی مورد بررسی قرار گیرد.

#### جدول (۵)

ملاط	کنترل	حاوی تراس و فوق روان کننده
درصد کاهش مقاومت ۹۰ روزه	۳۲/۲	۲۳/۷

ملاحظه می شود که از این نظر نیز بتن حاوی تراس و فوق روان کننده پایایی بهتری داشته است و حتی با گذشت زمان وضعیت آن در مقایسه با ملاط کنترل بهتر هم خواهد بود. چون تراس در واکنش خود با هیدروکسید کلسیم علاوه بر آن که غلظت را کاهش می دهد (کاهش عامل عدم مقاومت در مقابل سولفاتهای اسیدی)، بلکه با تشکیل سیلیکات کلسیم هیدراته شده نفوذپذیری بتن را هم کاهش می دهد که این خود می تواند عامل موثری در پیشگیری از نفوذ یونهای سولفات باشد.



#### پاورقی

- ۱- جعفری، محمدرضا. بررسی خواص پوزلانی تراس جاجرود. پروژه پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد. تهران دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ۱۳۶۷.