

# تأثیر کیفیت آب بر فرسایش خاک

دکتر امین عالیزاده

## مقدمه

فرسایش خاک و مشکلات ناشی از آن از دیرباز مورد توجه بوده است. شاید تا کنون صدها مقاله علمی در این زمینه منتشر شده است. البته باید قبول کرد که اکثر پژوهشهایی که صورت گرفته جنبه کیفی و مشاهده‌ای داشته و مکانیسم فرسایش آبی خاک هنوز بطور کامل روشن نشده است. علت این موضوع هم ممکن است بگفته لیل واسمردون\* (۳) این باشد که عوامل مؤثر بر فرسایش خاک آنقدر زیاد است که شناخت آنها عملی نمی‌باشد.

اسیدی پیدا نموده و قدرت حلالیت آن بیش از پیش بالا رود. بنظر می‌رسد که قدرت فرساینده‌گی این نوع آب با آب خالص متفاوت باشد.

در این مقاله با استفاده از یک مدل ساده هیدرولیکی (فلوم)، اثر غلظت و نوع یونهای مختلف (سدیم، کلسیم، منیزیم) موجود در آب بر میزان فرسایش و نیروی برشی لازم برای شروع فرسایش در یک نوع خاک طبیعی بررسی شده است.

با توجه به این که پدیده فرسایش زمانی صورت می‌گیرد که مقدار تنشهای برشی وارده به خاک بیشتر از نیروی چسبندگی ذرات خاک به همدیگر باشد بنابراین عامل فرسایش ممکن است یا نیروهای مکانیکی باشد (در فرسایش خاکهای غیرچسبنده مثل ماسه) و یا این که علاوه بر نیروهای مکانیکی عوامل فیزیکی-شیمیایی (در فرسایش خاکهای چسبنده مثل اکثر خاکهای معمولی) نیز دخالت داشته باشند. در این مقاله نوع دوم فرسایش مورد نظر است. آب باران یا آبی که از ذوب شدن برفها حاصل شده و در سطح زمین جاری می‌گردد در ابتدا نسبتاً خالص است و لسی در حین عبور از بسترهای مختلف، مقداری اجسام حل شدنی را در خود حل نموده و بصورت محلولی از نمکهای مختلف درمی‌آید. هم‌چنین آلودگی هوا در شهرها و مناطق صنعتی موجب می‌شود که آب باران خاصیت

## بررسی پژوهشهای قبلی

هنگامی که دودزه رس با حرکت براونی به همدیگر نزدیک می‌شوند، خاصیت الکتریکی یکسان آنها موجب می‌شود همدیگر را دفع نمایند. ولی این دو ذره تحت تأثیر نیروهای «وان دروال»

\* اعداد داخل پرانتز مربوطه به شماره ردیف مرجع مورد استفاده است.

درصد رس تشکیل یافته است. مطالعاتی که با استفاده از اشعه ایکس صورت گرفته نشان داده است که جزء رس مخلوطی از مونت موریلونیت، کائولینیت میکا و و.می کولیت می باشد، pH خاک ۸/۲، مقدار کربنات کلسیم % ۰/۴ و ظرفیت تبادل کاتیونی آن ۱۹/۸ میلی اکی والانت در هر ۱۰۰ گرم خاک می باشد. مقدار کاتیونهای خاک بشرح زیر بوده است:

کاتیون محلول	کاتیون قابل استخراج
۱/۳ meq/100	Ca <sup>++</sup> ۹/۷ meq/100g
۲/۴	Mg <sup>++</sup> ۱۰/۶
۶/۶	Na <sup>+</sup> ۶/۲
۰/۱	K <sup>+</sup> ۰/۳

ب - طرز تهیه نمونه

مقدار ۱/۵ کیلوگرم خاک را با آب مقطر مخلوط نموده خوب بهم زده می شود تا دوغاب یکنواختی بدست آید. این دوغاب را در لوله ای به طول ۱۰ اینچ و قطر داخلی ۳ اینچ ریخته و برای مدت چند روز با نیروئی که تدریجاً به ۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع میرسد تحکیم می گردد. پس از تحکیم نمونه را استخراج نموده و داخل محفظه های آلومینیمی بهمین قطر قرار می گیرند تا برای اندازه گیری فرسایش در کف فلوم نصب گردند.

ج - کیفیت آب

آبی که برای فرسایش خاک بکار برده شده است عبارت از آب خالص بوده که به آن مقادیر مشخص کلرور سدیم. کلسیم و منیزیم افزوده شده تا غلظت و SAR  $\left(\frac{Na}{\sqrt{0.5(Ca+Mg)}}\right)$  آب دیگری با مشخصات، متفاوت تهیه شده است.

د - فلوم

برای اندازه گیری فرسایش از يك فلوم به طول ۸ فوت، عرض ۶ اینچ و عمق ۱۲ اینچ که آب بطور چرخش در آن جریان

نیز همدیگر را جذب می کنند. اگر ضخامت لایه مضاعف ذرات رس کم باشد در این صورت نیروهای وان دروال غلبه کرده و ذرات خاک بیکدیگر چسبیده می شوند ولی اگر ضخامت لایه مضاعف زیاد باشد نیروی جاذبه به اندازه ای نخواهد بود که ذرات رس به همدیگر نزدیک گردند و در این حالت ذرات رس پراکنده خواهند گردید. و روی واوریک (۶) نشان داده اند که افزایش غلظت الکترولیت و نیز افزایش ظرفیت یونها ضخامت لایه مضاعف ذرات رس را کاهش داده و نیروی جاذبه بین ذرات را بیشتر می نماید. برعکس غلظت کم و کاهش ظرفیت کاتیونها موجب پراکندگی ذرات رس می گردد. عده ای از پژوهشگران این موضوع را به فرسایش خاک مرتبط کرده اند. موروماش (۴) یکنوع خاک را يك بار با آب و بار دیگر با محلول گلیسیرین تحت فرسایش قرار داده و نتایج متفاوتی بدست آورده اند.

نامبردگان چنین نتیجه گیری کردند که کیفیت آب فرساینده از طریق تأثیر بر ساختمان خاک بر فرسایش آن مؤثر است. بروم وروزن کولت (۱) نیز نشان داده اند که وقتی خاکهای شور در معرض جریان آب خالص قرار گیرند مقاومت خود را از دست می دهند. ویشما بروماترینک (۷) نیز گزارش نموده اند که اسیدیته آب باعث افزایش مقدار فرسایش می گردد. لیو (۲) در مطالعات آزمایشگاهی خود ثابت کرده است که تنش برشی بحرانی خاکهای رسی با غلظت یونهای هیدرژن آب تغییر می نماید. البته تغییرات اسیدیته در آب باران بجز در مواد نادر ناچیز بوده و در این جا فقط اثر نمکهای متفاوت مورد بررسی قرار می گیرد.

## روش آزمایش

الف - نوع خاک

خاکی که در این آزمایش به کار برده شده خاک طبیعی لومی است که از ۴۰ درصد ماسه (شن) ۴۹ درصد سیلت و ۱۱

دارد استفاده شده است (به شکل ۱ مراجعه شود). مقدار جریان آب در فلوم بوسیله باز و بسته کردن دریچه و نیز پیچ فشار پمپ تغییر می‌نماید. سرعت جریان نیز با پیچ تنظیم شیب کف فلوم قابل-تغییر است. در کف فلوم به فاصله ۵ فوت از انتهای آن سوراخی به قطر ۳ اینچ تعبیه شده که نمونه خاک از زیر فلوم طوری جایگزاری می‌شود که روی آن را می‌پوشاند. نمونه خاک بطوریکه گفته شد در داخل يك استوانه آلومینیمی به ارتفاع ۲ اینچ طوری قرار گرفته است که با پیچ انتهای آن بالا آمده و در معرض جریان آب قرار می‌گیرد.

۵- اندازه‌گیری تنش برشی

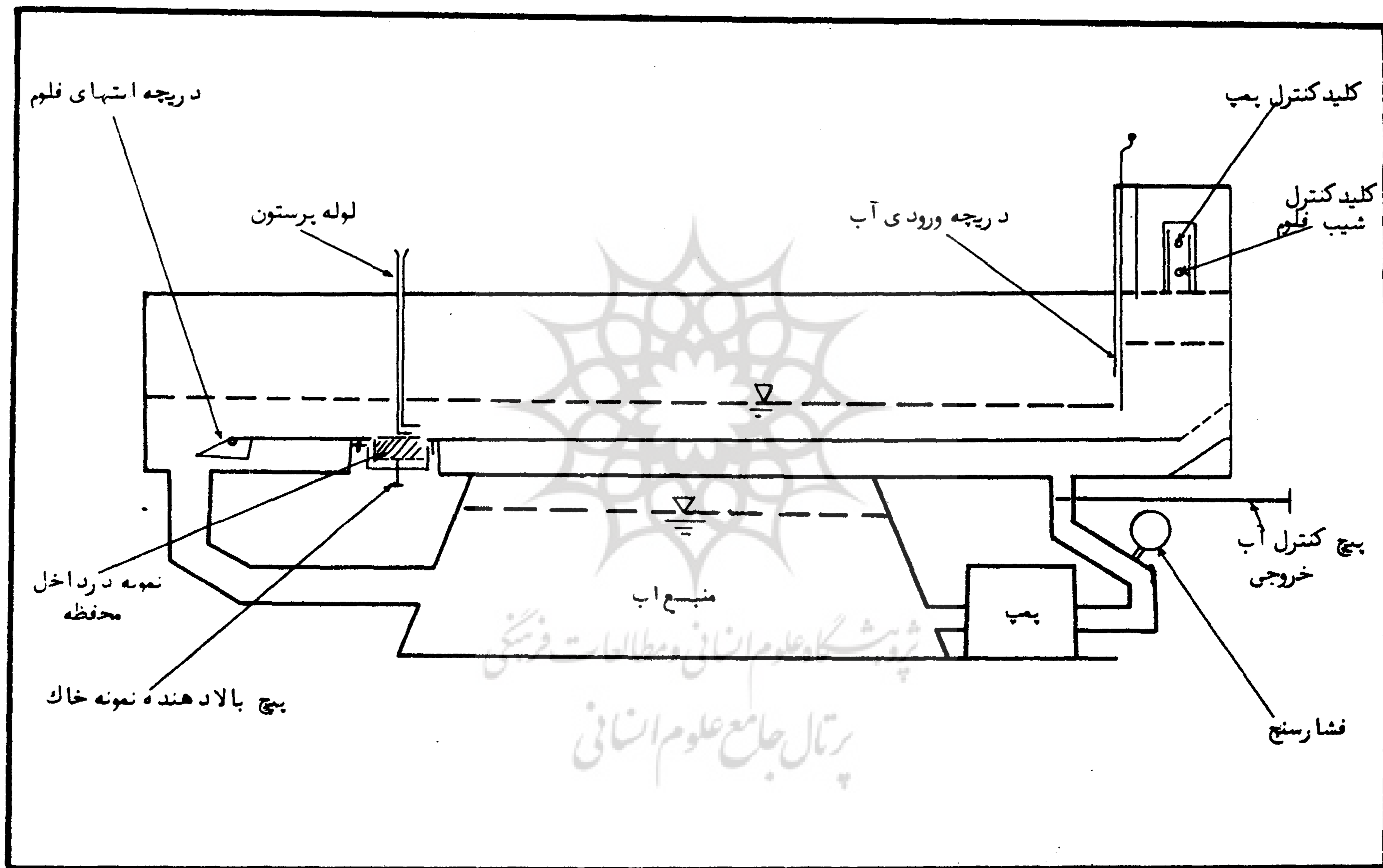
اندازه‌گیری تنش برشی با استفاده از لوله پرستون و دو مانومتر (جهت اندازه‌گیری اختلاف فشار) انجام شده است. پرستون (۵) در سال ۱۹۵۴ نشان داد که بین اختلاف فشار کل  $P_t$  و فشار استاتیک  $P_s$  و متغیرهای مستقل  $P$ ،  $V$ ،  $T_0$  و  $dp$  رابطه زیر برقرار است:

$$\text{Log} \frac{T_0 dp^2}{4pv^2} = -2.64 + \frac{7}{8} \log \frac{(P_t - P_s)}{4pv^2} dp^2$$

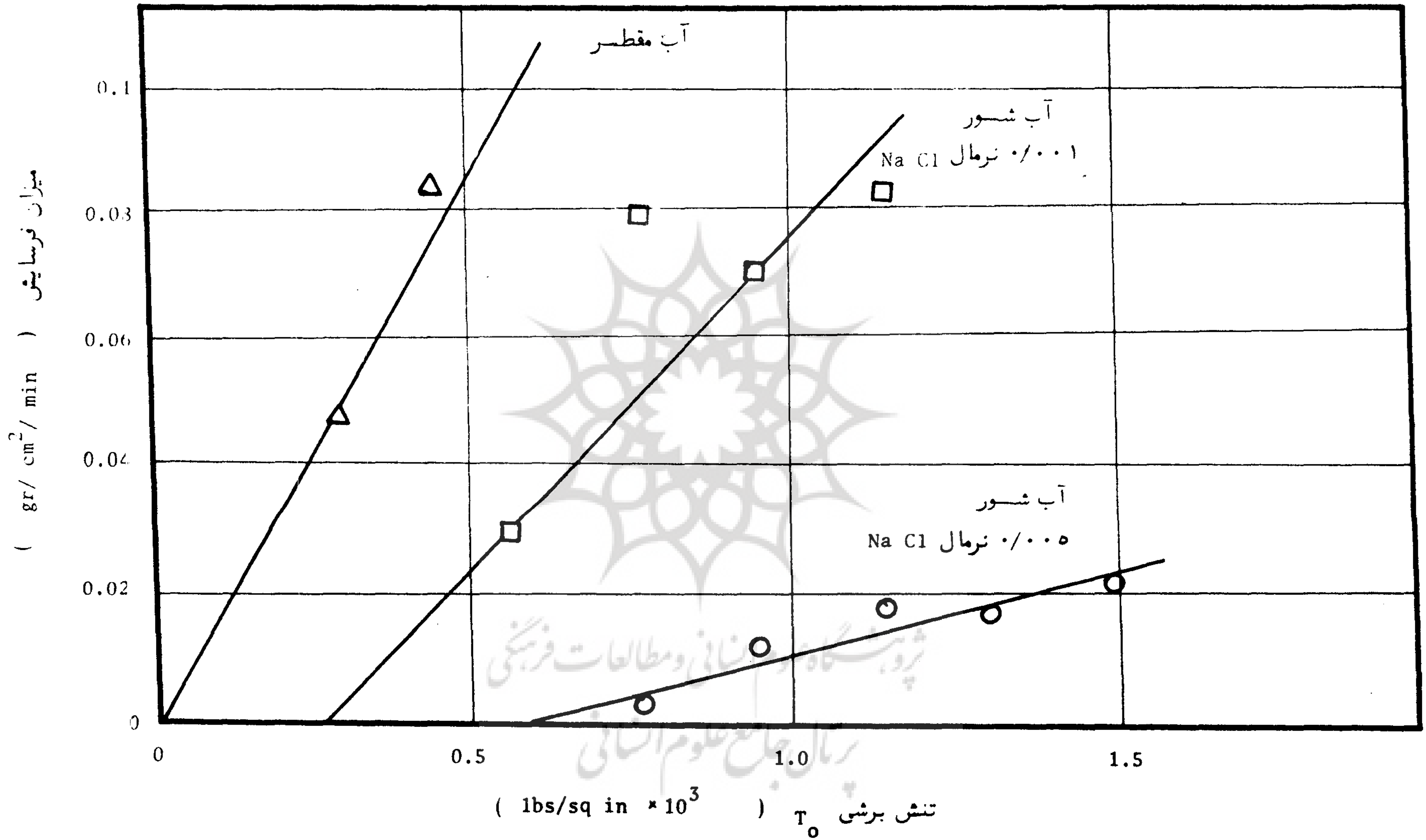
که در آن  $p$  چگالی آب بر حسب اسلاگ بر فوت مکعب،  $V$  لزوجت جنبشی بر حسب فوت مربع بر ثانیه،  $T_0$  تنش برشی بر حسب پوند بر فوت مربع و  $dp$  قطر لوله پیتو بر حسب فوت است. قبل از شروع آزمایش برای مقادیر و سرعت جریانهای مختلف و اندازه‌های گوناگون فشار فلوم را از روی معادله فوق واسنجی نموده تا بتوان با اندازه‌گیری مستقیم اختلاف فشار تنش برشی در سطح نمونه خاک را اندازه‌گیری کرد. پیش از قرار گرفتن نمونه در کف فلوم آن را توزین نموده و پس از آنکه برای مدت يك دقیقه در معرض جریان آب قرار گرفت دوباره نیز توزین می‌شود. از روی کاهش وزن نمونه با در نظر گرفتن درصد رطوبت خاک و نیز سطح مقطع آن می‌توان میزان فرسایش را بر حسب گرم در سانتی-متر مربع در دقیقه محاسبه نمود.

## نتیجه و بحث

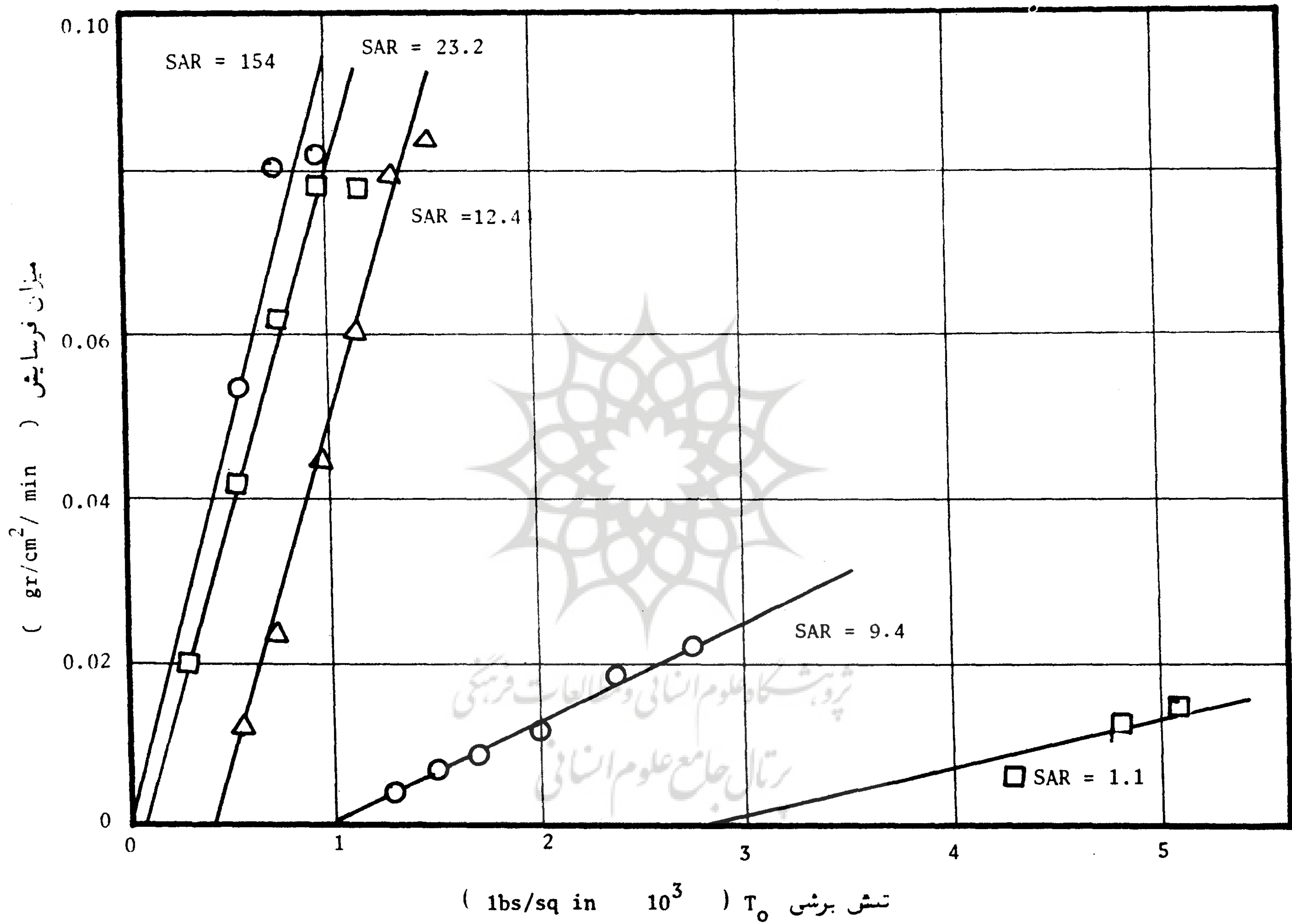
بطوریکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود هرچه سرعت آب یا تنش برشی وارده بر سطح خاک افزایش یابد میزان فرسایش نیز بطور خطی افزایش پیدا می‌کند. محل تقاطع این خطوط با محور طولها عبارت از مقدار تنش برشی بحرانی یا نقطه شروع فرسایش می‌باشد. بطوریکه در شکل دیده می‌شود تنش برشی بحرانی در مورد فرسایش با آب مقطر صفر در مورد آب شور  $0.001$  نرمال  $\text{Na Cl}$  حدود  $0.25$  و در مورد آب شور  $0.005$  نرمال  $\text{Na Cl}$  حدود  $0.6 \times 10^3 \text{ lb/in}^2$  می‌باشد یعنی هرچه غلظت آب فرساینده افزایش یابد مقاومت خاک در مقابل فرسایش نیز افزایش می‌یابد. در شکل ۳ اثر SAR در آبی که غلظت کل آن  $0.1$  نرمال بوده است بر میزان فرسایش مشاهده می‌شود تنش برشی بحرانی در مورد چهار نوع آب با SAR معادل  $1/1$ ،  $9/4$ ،  $12/4$ ،  $23/2$  و  $154$  به ترتیب  $2/8$ ،  $1$ ،  $0.5$  و  $0.1$  و صفر بوده است یعنی هرچه SAR افزایش یابد تنش بحرانی کاهش یافته و خاک مقاومت خود را در مقابل فرسایش از دست می‌دهد. نتایج این آزمایش کاملاً با قانون شولز - هاروی قابل توجیه است. به موجب این قانون ظرفیت زیاد کاتیونها قدرت چسبندگی ذرات خاک را به همدیگر افزایش می‌دهد. با کاهش SAR مقدار یون کلسیم و منیزیم نسبت به سدیم افزایش یافته که بنوبه خود موجب افزایش نیروهای وان دروال شده و مقاومت خاک در مقابل تنش برشی «فرسایش» افزایش می‌یابد. در SAR زیاد ظرفیت کم یون سدیم و نیز ضخامت لایه آب اطراف یونها اثر این یون را کاهش داده که در نتیجه نیروهای وان دروال نیز کاهش می‌یابد. در این شرایط ذرات خاک به صورت پراکنده درآمده و تحت تأثیر حتی نیروهای کوچک برشی مورد فرسایش قرار می‌گیرد. از این آزمایش می‌توان چنین نتیجه گرفت که خاکهای شور وقتی در مقابل فرسایش با آب شیرین قرار گیرند مقاومت خود را از دست می‌دهند و برعکس آبهای شور مقاومت خاک در مقابل فرسایش را افزایش می‌دهد.



شکل ۱ - مقطع فلوم مورد آزمایش



شکل ۲- رابطه بین تنش برشی و میزان فرسایش خاک لوم



شکل ۳- رابطه بین میزان فرسایش خاک لومی و SAR غلظت 0.1

## فهرست منابع

1. Bjerrum, L. and Rosenquist, Some experiments with artificially sedimented clays, " Geotechnique v. 1971
2. Liou , Y. D. Hydraulic exodibility of two pure clay systems , ph . D. dissertation . Col . State Univ . Fort Collins , Col. 1974
3. Lyle,W. and Smerdon, E., Relationship of compaction and other soil parameters to the erosion of resistance of soils ,. trans Amer. Soc ., of Agri . Eng.. 1975
4. Moore,W.L. and F.D. Masch , Experiments on the Scour resistance of cohesive sediments . J. of Geophys . Res. 67. 1437-39 1973
5. Perston J.H.Determination of Turbulent skin friction by mean of Pitot tubes, J. Roy. Aeron . Soc. Vol, 8. 1948
6. Verwey, E.J.W., and Overbeek , J. Th .G., Theory of the Stability of hydrophobic colloids, Elsevier, New York, 1948.
7. Wischmeier , W.H. and Mannering J.V. Relation of soil Properties to its exodibility , soil Sci., Soc . of Ame proc. Vol, 33, 131-130 , 1969 .

