تـأثیر کیفیت آب برفرسایش خاك

دکتر امین علیزاده

مقدمـه

فرسایش خاك ومشکلات ناشی ازآن ازدیرباز موردتوجه بوده است . شاید تا کنون صدها مقاله علمی در این زمینه منتشر شده است . البته باید قبول کرد که اکثر پژوهشهائی که صورت گرفته جنبه کیفی و مشاهـده‌ای داشته و مکانیسم فرسایش آبی خاك هنوز بطـور کامل روشن نشده است . علت این موضوع هم ممکن است بگفته لیل واسمردون * (۳) این باشد کـه عوامل مؤثر بر فرسایش خاك آنقدر زیاد است که شناخت آنها عملی نمی‌باشد .

با توجه به این‌که پدیده فرسایش زمانی صورت می‌گیرد که مقدار تنشهای برشی وارده بـه خاك بیشتر از نیروی چسبندگی ذرات خاك به همدیـگر باشد بنابراین عامل فرسایش ممکن است یا نیروهـای مکانیکی باشد (در فرسایش خاکهای غیرچسبنده مثل ماسه) و یا این‌که علاوه برنیروهای مکانیکی‌عوامل فیزیکو- شیمیائی (درفرسایش‌خاکهای چسبنده مثل اکثرخاکهای معمولی) نیزدخالت داشته باشند . دراین مقاله نوع دوم فرسایش موردنظر است . آب باران یا آبی که از ذوب شدن برفها حاصل شده و درسطح زمین جاری می‌گردد در ابتدا نسبتاً خالص است ولـی درحین عبور از بسترهای مختلف ، مقداری اجسام حل شدنی را درخود حل نموده وبصورت محلولی از نمکهای مختلف درمی‌آید . هم‌چنین آلودگی هوا در شهرها ومناطق صنعتی موجب می‌شود که‌آب باران خاصیت اسیدی پیدا نموده و قـدرت حلالیت آن بیش از پیش بالا رود . بنظر می‌رسد که قدرت فرسایندگی این نوع آب بـا آب خالص متفاوت باشد .

دراین مقاله با استفاده ازیك مدل ساده هیدرولیکی (فلوم)، اثر غلظت ونوع یونهای مختلف (سدیم ، کلسیم ، منیزیم) موجود درآب برمیزان فرسایش ونیروی برشی لازم برای شروع فرسایش دریك نوع خاك طبیعی بررسی شده است .

بررسی پژوهشهای قبلی

هنگامی‌که دوذره رس باحرکت براونی به همدیگرنزدیك می‌شوند ، خاصیت الکتریکی یکسان آنها موجب می‌شود همدیگر را دفع نمایند . ولی این دو ذره تحت تأثیر نیروهای «وان دروال»

---

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

نیز همدیگر را جذب می‌کنند . اگر ضخامت لایه مضاعف ذرات رس کم باشد در این صورت نیروهای وان درووال غلبه کرده و ذرات خاك بیکدیگر چسبیده می‌شوند ولی اگر ضخامت لایه مضاعف زیاد باشد نیروی جاذبه به اندازه‌ای نخواهد بود که ذرات رس به همدیگر نزدیك گردند و دراین حالت ذرات رس پراکنده خواهند گردید . و روی واوربیك (۶) نشان داده‌اند که افزایش غلظت الکترولیت و نیزافزایش ظرفیت یونها ضخامت لایه مضاعف ذرات رس را کاهش داده و نیروی جاذبه بین ذرات را بیشتر می‌نماید . برعکس غلظت کم و کاهش ظرفیت کاتیونها موجب پراکندگی ذرات رس می‌گردد . عده‌ای از پژوهشگران این موضوع را به فرسایش خاك مرتبط کرده‌اند . موروماش (۴) یکنوع خاك را یك بار با آب و بار دیگر با محلول گلیسیرین تحت فرسایش قرار داده و نتایج متفاوتی بدست آورده‌اند .

نامبردگان چنین نتیجه‌گیری کردند که کیفیت آب فرساینده از طریق تأثیر برساختمان خاك برفرسایش آن مؤثر است . بروم وروزن کولت (۱) نیز نشان داده‌اند که وقتی خاکهای شور در معرض جریان آب خالص قرار گیرند مقاومت خود را از دست می‌دهند . ویشمایروماترینك (۷) نیز گزارش نموده‌اند که اسیدیته آب باعث افزایش مقدار فرسایش می‌گردد . لیو (۲) در مطالعات آزمایشگاهی خود ثابت کرده است که تنش برشی بحرانی خاکهای رسی با غلظت یونهای هیدرژن آب تغییر می‌نماید . البته تغییرات اسیدیته در آب باران بجز در مواد نادر ناچیز بوده و در این جا فقط اثر نمکهای متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرد .

روش آزمایش

الف ـ نوع خاك

خاکی که در این آزمایش به کار برده شده خاك طبیعی لومی است که از ۴۰ درصد ماسه (شن) ۴۹ درصد سیلت و ۱۱ 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 وو . می‌کولیت می‌باشد، pH خاك ۸/۲ ، مقدار کربنات کلسیم ٪ ۰/۴ و ظرفیت تبادل کاتیونی آن ۱۹/۸ میلی اکی‌والانت در هر ۱۰۰ گرم خاك می‌باشد . مقدار کاتیونهای خاك بشرح زیر بوده است :

	کاتیون محلول	کاتیون قابل استخراج
Ca^{++}	۱/۳ meq/100	۹/۷ meq/100g
Mg^{++}	۲/۴	۱۰/۶
Na^{+}	۶/۶	۶/۲
K^{+}	۰/۱	۰/۳

ب ـ طرز تهیه نمونه

مقدار ۱/۵ کیلوگرم خاك را با آب مقطر مخلوط نموده خوب بهم زده می‌شود تا دوغاب یکنواختی بدست آید . این دوغاب را درلوله‌ای به طول ۱۰ اینچ و قطر داخلی ۳ اینچ ریخته وبرای مدت چند روز با نیروئی که تدریجاً به ۱ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع میرسد تحکیم می‌گردد. پس ازتحکیم نمونه را استخراج نموده و داخل محفظه‌های آلومینیمی بهمین قطر قرار می‌گیرند تا برای اندازه‌گیری فرسایش درکف فلوم نصب گردند .

ج ـ کیفیت آب

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

د ـ فلوم

برای اندازه‌گیری فرسایش از یك فلوم به طول ۸ فوت ، عرض ۶ اینچ و عمق ۱۲ اینچ که آب بطور چرخش درآن جریان

دارد استفاده شده است (به شکل ۱ مراجعه شود) . مقدار جریان آب در فلوم بوسیله باز و بسته کـردن دریچه و نیز پیچ فشار پمپ تغییرمی‌نماید . سرعت جریان نیز با پیچ تنظیم شیب کف فلوم قابل‌تغییر است . در کف فلوم به فاصله ۵ فوت از انتهای آن سوراخی به قطر ۳ اینچ تعبیه شده که نمونه خاك از زیرفلوم طوری جایگزاری می‌شود که روی آن را می‌پوشاند . نمونه خاك بطوریکـه گفته شد در داخل یك استوانه آلومینیمی بـه ارتفاع ۲ اینچ طوری قـرار گرفته است که با پیچ انتهای‌آن بالا آمده و درمعرض جریان آب قرار می‌گیرد .

هـ ـ اندازه‌گیری تنش برشی

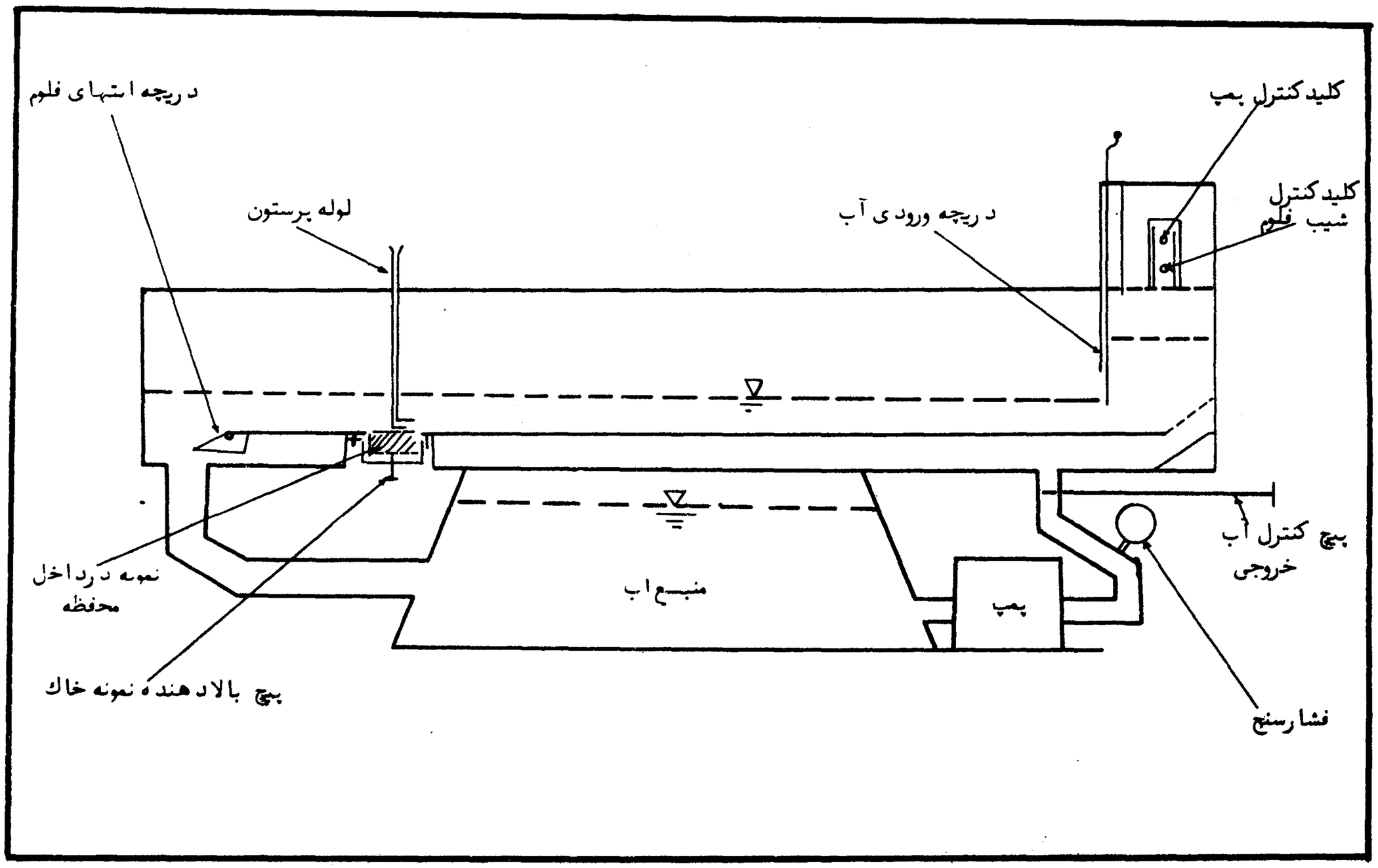
اندازه‌گیری‌تنش برشی با استفاده ازلوله پرستون ودومانومتر (جهت اندازه‌گیری اختلاف فشار) انجام شده است . پرستون (۵) در سال ۱۹۵۴ نشان داد کـه بین اختـلاف فشار کل P_t و فشار استاتیك P_s و متغیرهای مستقل P ، V ، T_o و dp رابطـه زیر بر قرار است :

$$\text{Log}\ \frac{To\ dp^2}{4pv^2} = -2.64 + \frac{7}{8}\ \log \frac{(P_t - P_s)}{4\ pv2}\ dp^2$$

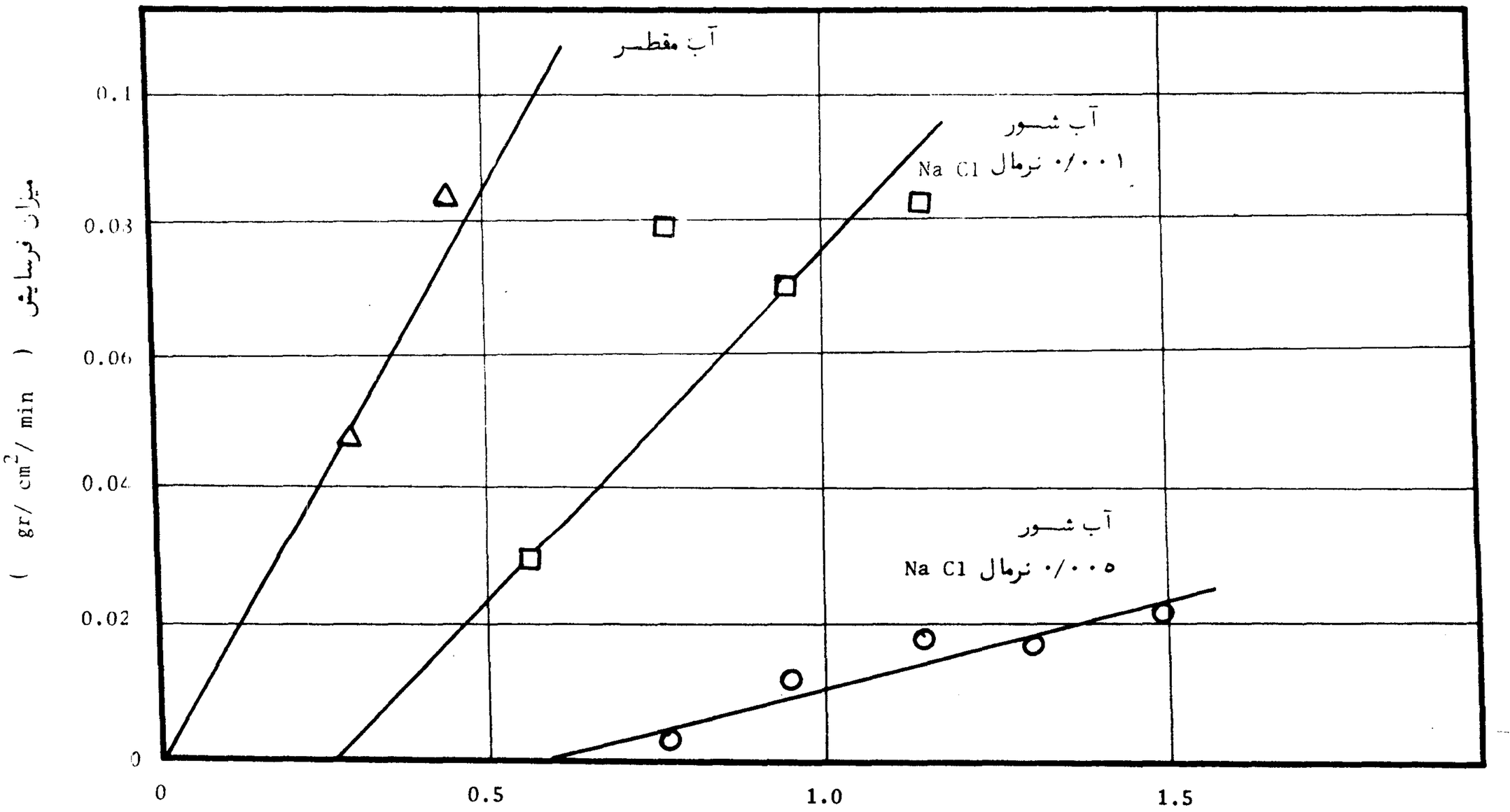
کـه در آن p چگالـی آب برحسب اسلاگ برفوت مکعب ، V لزوجت جنبشی برحسب فوت مربع برثانیه ، T_o تنش برشی برحسب پوند برفوت مربع و dp قطر لوله پیتو برحسب فوت است . قبل از شروع آزمایش بـرای مقادیـر و سرعت جریـانهای مختلف و اندازه های گـوناگون فشار فلوم را از روی معادلـه فوق واسنجی نموده تا بتوان با اندازه‌گیری مستقیم اختلاف فشار تنش برشی در سطح نمونه خاك را اندازه‌گیری کرد . پیش از قرارگرفتن نمونه درکف فلوم آن را توزین نموده و پس از آنکـه برای مدت یك دقیقه در معرض جریان آب قرار گرفت دوباره نیز توزین می‌شود. از روی کاهش وزن نمونه با در نظرگرفتن درصد رطوبت خاك ونیز سطح مقطع آن می‌توان میزان فرسایش را برحسب‌گرم در سانتی‌مترمربع در دقیقه محاسبه نمود .

نتیجه و بحث

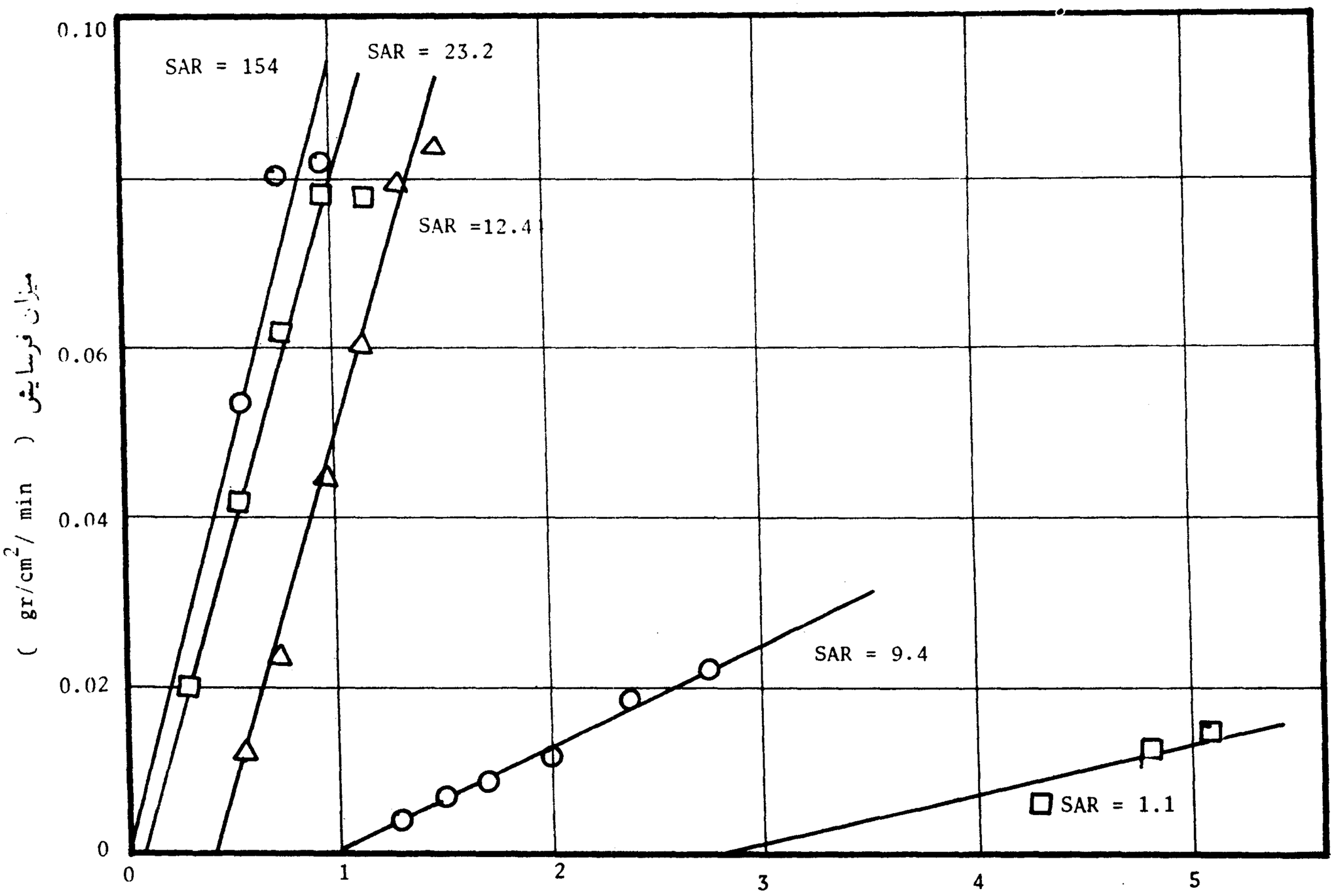
بطوریکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود هرچه سرعت آب یا تنش‌برشی وارده برسطح خاك افزایش یابد میزان فرسایش‌نیز بطور خطی افزایش‌پیدا می کند . محل تقاطع این خطوط با محورطولها عبارت ازمقدار تنش‌برشی بحرانی یا نقطه شروع فرسایش‌می‌باشد. بطوریکه درشکل دیده می‌شود تنش‌برشی بحرانی درمورد فرسایش بـا آب مقطر صفر در مـورد آب شور ۰/۰۰۱ نـرمال Na Cl ۰/۲۵ و در مـورد آب شور ۰/۰۰۵ نـرمـال Na Cl حـدود ۰/۶ $\times 10^3$ lb/in^2 می‌باشد یعنی‌هرچه غلظت‌آب فرساینده‌افزایش یابد مقاومت خاك در مقابل فرسایش نیز افزایش می‌یابد . درشکل ۳ اثر SAR درآبی کـه غلظت کل آن ۰/۱ نرمال بـوده است بر میزان فرسایش مشاهـده می‌شود تنش‌برشی بحرانی در مورد چهار نوع آب با SAR معادل ۱/۱ ، ۹/۴ ۱۲/۴ ، ۲۳/۲ و ۱۵۴ بـه ترتیب ۲/۸ ، ۱ ، ۰/۵ و ۰/۱ و صفربوده است یعنی هرچه SAR افـزایش یابد تنش‌بحرانی کاهش یافته و خاك مقاومت خود را در مقابل فرسایش ازدست می‌دهد . نتایج این آزمایش کاملا با قانون شولز ـ هاروی قابل‌توجیه است. به موجب این‌قانون ظرفیت زیاد کاتیونها قدرت چسبندگی ذرات خاك را به همدیگرافزایش‌می‌دهد. با کاهش SAR مقدار یون کلسیم و منیزیم نسبت به سدیم افزایش یافته کـه بنوبه خود موجب افـزایش نیروهـای وان دروال شده و مقاومت خاك در مقابل تنش‌برشی «فرسایش» افزایش می‌یابد . در SAR زیـاد ظرفیت کم‌یون سدیم و نیز ضخامت لایه آب اطـراف یونها اثر این یون را کاهش داده که در نتیجه نیروهای وان دروال نیز کاهش می‌یابد . در این شرایـط ذرات خاك بصورت پراکنده درآمـده و تحت‌تأثیر حتی نیروهای کـوچك برشی مورد فرسایش قـرار می‌گیرد . از این آزمایش می‌تـوان چنین نتیجـه گـرفت کـه خـاکهای شور وقتی در مقابل فرسایش بـا آب شیرین قـرار گیرند مقاومت خود را از دست می‌دهند و بـرعکس آبـهای شور مقاومت خاك در مقابل فرسایش را افزایش می‌دهد .



شکل ۱ ـ مقطع فلوم مورد آزمایش



شکل ۲-رابطه بین تنش برشی ومیزان فرسایش خـــــاك لوم



شکل ۳ــ رابطه بین میزان فرسایش خاك 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 .