

# استفاده از موزائیک خاک سیمان برای پوشش کانالهای آبیاری

حسن رحیمی و نادر عباسی

بترتیب استاد گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و

کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ پذیرش مقاله ۷۷/۳/۲۷

## خلاصه

برای پوشش کانالهای آبیاری، روشهای متعددی نظیر پوششهای سخت، انعطاف پذیر، خاکی و استفاده از تثبیت کننده های شیمیایی پیشنهاد گردیده اند که هر کدام مسائل فنی و اقتصادی خاص خود را دارا می باشند. در این تحقیق استفاده از موزائیکهای خاک سیمان با ابعاد  $20 \times 30 \times 5$  سانتی متر برای پوشش کانالهای آبیاری مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا موزائیکهایی از خاک و با درصد بهینه سیمان و آب ساخته شدند و سپس یک کانال آزمایشگاهی با سطح مقطع دوزنقه‌ای با عرض کف ۲۰ سانتی متر، شیب شیروانی ۱/۵٪، شیب طولی ۰/۵٪ و با طول مفید ۱۰ متر ساخته و با موزائیکهای خاک سیمان پوشش داده شد. کانال مذکور طوری ساخته شده است که میزان نفوذپذیری و فرسایش پذیری کانال بطور مستقیم قابل اندازه گیری می باشند. براساس آزمایشهای انجام شده، میزان نفوذپذیری کانال در حدود ۱/۵ لیتر در متر مربع در روز اندازه گیری شد و همچنین میزان فرسایش پذیری آن بسیار اندک و غیر قابل اندازه گیری بود، که البته این موضوع به صورت مشاهده‌ای نیز مورد تأیید قرار گرفت (۱). نتایج بدست آمده نشان دادند که کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان، با میزان نفوذپذیری بسیار اندک و مقاوم به فرسایش بودن، عملکرد رضایتبخشی مخصوصاً در جاهایی که آب آبیاری بسیار گران و یا مصالح سنگی مناسب (شن و ماسه) جهت پوشش موجود نمی باشد، خواهد داشت.

## واژه های کلیدی: خاک سیمان، پوشش کانال و کانالهای آبیاری

### مقدمه

در ایران عمدتاً از پوشش بتنی که گرانترین نوع می باشد، استفاده می شود که غالباً بدلیل عدم توجه به مسائل بستر کانال و عدم بهره برداری و نگهداری مناسب، علاوه بر صرف هزینه های زیاد، هدف اصلی طرح یعنی کاهش تلفات آب و افزایش راندمان آبیاری زیر سؤال قرار گرفته است. در حالیکه در بسیاری از موارد استفاده از پوششهای ساده، ارزان قیمت، سهل الاجرا و با عمر کمتر، اقتصادی تر از پوششهای با کیفیت بالا و پرهزینه با اجرای ناقص، غلط و ناپایدار می باشند. در این راستا استفاده از مصالح محلی و خاک بعنوان یکی از متداولترین و ارزانتترین ماده ساختمانی از اهمیت خاصی برخوردار خواهد بود. اصولاً استفاده از خاک برای مقاصد یاد شده به دلیل

در چند دهه اخیر متناسب با پیشرفت تکنولوژی و بر اساس نیازهای اجرائی انواع مختلف پوشش کانال مورد استفاده قرار گرفته است. بدیهی است که با توجه به ویژگیهای هر یک از انواع پوشش کانال، مورد کاربرد آنها، تابع وضعیت موجود بوده و عوامل متعددی بر انتخاب آنها مؤثر می باشند. مشخصات فنی خاک بستر کانال، توپوگرافی مسیر، میزان آبیندی مورد نیاز، وجود نیروی انسانی و ماشین آلات مناسب و جنبه های اقتصادی از جمله عواملی هستند که در انتخاب نوع پوشش مؤثر می باشند.

علیرغم تنوع در کیفیت انواع پوشش های متداول در دنیا،



ساختن موزائیکهای خاک سیمانی با ابعاد  $20 \times 30 \times 5$  سانتیمتری و اجرای کانال در مقیاس بزرگ ادامه یافت که نتایج حاصله در ادامه خواهد آمد.

## ۲- روش تحقیق

به منظور انجام این تحقیق ابتدا یک نوع خاک با بافت و کیفیت شیمیائی معمول از منطقه کرج و یک نمونه دیگر با کیفیت شیمیائی نامناسب (شور) به منظور بررسی اثر کیفیت شیمیائی و شوری خاک در کیفیت خاک سیمان از منطقه اشتهارد انتخاب و مورد آزمایش های شناسائی و تفصیلی قرار گرفتند.

## ۲-۱- آزمایشهای شناسائی

مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیائی نمونه های مورد مطالعه، بر اساس آزمایشهای استاندارد موجود تعیین گردیدند. آزمایشهای انجام شده در این تحقیق عمدتاً بر اساس استانداردهای ASTM بوده و در مواردیکه از سایر استانداردها استفاده شده به آن اشاره خواهد شد. جدول شماره (۱) نتایج آزمایشهای شناسائی و طبقه بندی نمونه ها را نشان میدهد. بر اساس جدول مذکور حد روانی و دامنه خمیری نمونه های مورد آزمایش به ترتیب کمتر از ۵۰ و ۲۵ درصد می باشند و در نتیجه بر اساس شواهد موجود، محدودیتی از نظر خواص خمیرائی نمونه ها، جهت تثبیت با سیمان وجود ندارد. اما در مورد نمونه اشتهارد که هدایت الکتریکی (درجه شوری) آن زیاد می باشد این احتمال وجود دارد که در اثر کنش های شیمیائی، خاک سیمان ساخته شده، عملکرد ضعیفی را از خود نشان دهد. معذک به منظور تعیین کم و کیف این موضوع آزمایشهای تفصیلی بر روی هر دو نمونه انجام گرفت.

طبقه بندی نمونه ها بر اساس سیستم یونیفاید صورت گرفت که بر اساس آن نمونه خاک کرج از نوع CL-ML و نمونه اشتهارد از نوع CL تشخیص داده شدند که از این به بعد به جای ذکر اسامی

ضعف خواص مهندسی آن با محدودیتهائی مواجه می باشد. از این رو تحقیق در زمینه روشهای تقویت خواص مهندسی خاک و استفاده از آن در طرحهای عمرانی مخصوصاً در پوشش کانالهای آبیاری ضروری به نظر می رسد. تثبیت خاک با سیمان تکنیکی است که از حدود یک قرن پیش به منظور بهبود خواص مهندسی و پایدار ساختن آن مورد استفاده قرار می گیرد، بطوریکه امروزه مخلوط خاک سیمان به عنوان یک ماده ساختمانی شناخته شده، می باشد.

از خاک سیمان در ابتدا به منظور تثبیت قشر اساس و زیر اساس و همچنین ساخت رویه جاده ها استفاده گردیده و نتایج رضایت بخش تجربه فوق باعث شد که تحقیقات گسترده ای در زمینه استفاده از آن در موارد مختلفی نظیر حفاظت شیپها، مخازن آب، تثبیت پی ها و ساخت آجر و بلوک خاک سیمانی برای اهداف ساختمان سازی صورت بگیرد. کاربرد خاک سیمان به منظور پوشش کانالهای آبیاری به دو صورت استفاده از ملات خاک سیمان و خاک سیمان متراکم شده امکان پذیر می باشد (۴ و ۳). طبق تجربیات و تحقیقات انجام شده خاک سیمان متراکم شده از دوام و کیفیت مطلوبتری نسبت به خاک سیمان خمیری با درصد سیمان یکسان برخوردار می باشد (۵). معذک اجرای خاک سیمان متراکم شده منوط به استفاده از ماشین آلات سنگین می باشد که در کانالهای کوچک به دلیل عدم مانورپذیری ماشین آلات با محدودیتهائی مواجه است.

ابوالخیر در سال ۱۹۸۸ استفاده از قطعات پیش ساخته خاک سیمان برای پوشش کانالهای آبیاری را مطرح نمود. وی یک کانال آزمایشگاهی به طول ۳ متر را با موزائیکهای خاک سیمان به ابعاد  $14 \times 29 \times 2/5$  سانتی پوشش نمود. و پس از بررسیهای لازم قطعات پیش ساخته خاک سیمان را به عنوان یک روش مناسب برای پوشش کانالهای آبیاری توصیه نمود (۵). در این تحقیق مطالعات وی با

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیائی نمونه های مورد بررسی

مشخصات	حدود اتربرگ			طبقه بندی بر اساس سیستم یونیفاید	مشخصات تراکمی		مشخصات شیمیائی				
	دامنه خمیری	حد خمیری	حد روانی		$\omega$	$\gamma_d$	مواد آلی	درصد اشباع	EC	pH	$So_4^{2-}$ meq/lit
نمونه کرج	۶	۱۸/۵	۲۴/۵	CL-ML	۱۴/۵	۱/۸۳	۰/۵	۲۵	۲/۹	۸	۳۳
نمونه اشتهارد	۸	۲۰	۲۸	CL	۱۴	۱/۸۵	۰/۳	۸۹	۱۸/۵	۸/۹	۴۰



سخت و پایدار تبدیل شده است. برای ساخت موزائیک خاک سیمان، مخلوط خاک سیمان در یک قالب با ابعاد مشخص و تا رسیدن به ضخامت معین تراکم می شود برای انجام این عمل می توان از یک نوع جک هیدرولیکی ساده تا دستگاههای الکتریکی پیشرفته استفاده نمود. در این تحقیق که هدف ساخت موزائیک با ابعاد  $30 \times 20 \times 5$  سانتی متر بود، از یک پرس الکتریکی و یک قالب با ابعاد  $30 \times 20 \times 20$  استفاده گردید. بدین منظور ابتدا وزن مقدار مخلوط خاک سیمان مورد نیاز برای ساخت همزمان سه عدد موزائیک از رابطه شماره (۱) محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن ضخامت صفحات جداکننده در داخل قالب ریخته شد.

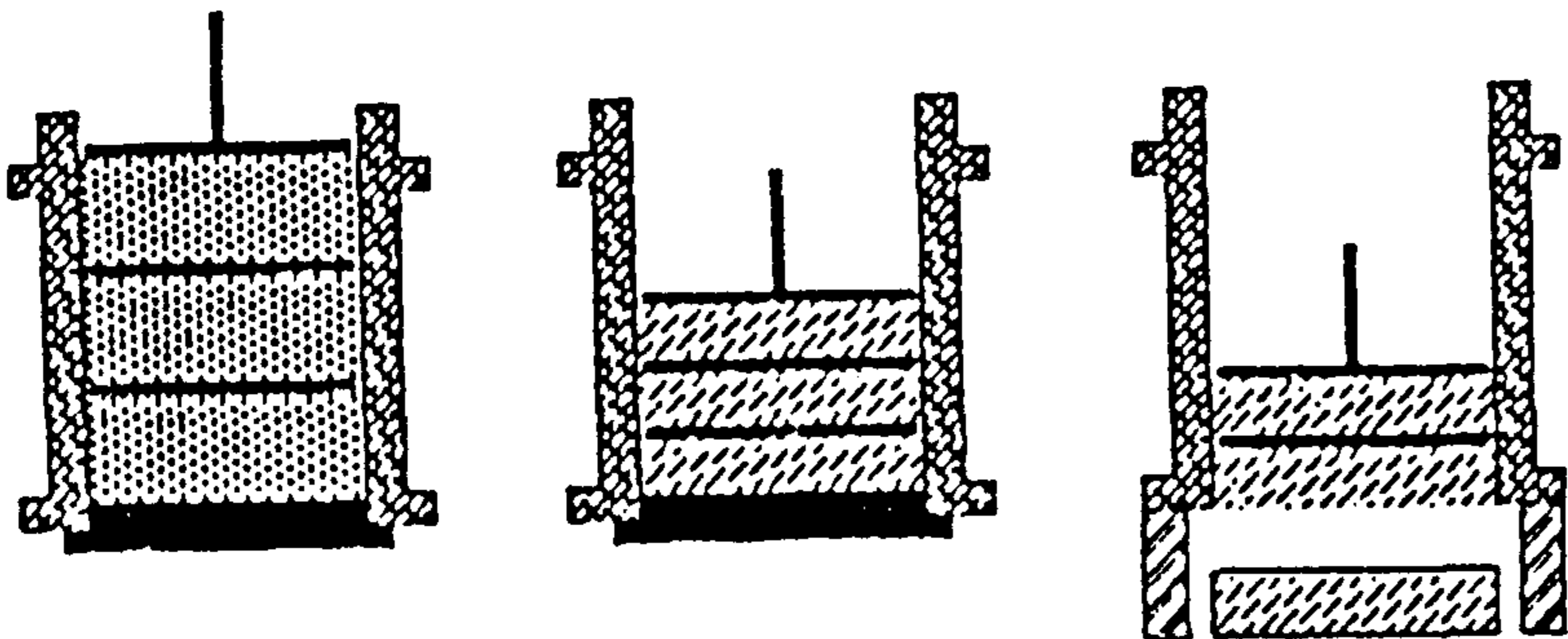
$$m = V (1 + \omega) \gamma_d \quad (1)$$

که در آن .

$m$  = وزن یک عدد موزائیک خاک سیمان بر حسب گرم  
 $\gamma_d$  = دانسیته خشک ماکزیمم مخلوط خاک با درصد بهینه سیمان بر حسب  $(g/cm^3)$   
 $V$  = حجم نمونه بر حسب  $(cm^3)$  که در این تحقیق برابر  $3000$  سانتی متر مکعب بوده است .

$\omega$  = مقدار رطوبت بهینه مخلوط خاک سیمان

مقدار ترکیب اجزاء مخلوط مورد نظر بر اساس رابطه (۱) و با توجه به درصد سیمان محاسبه و پس از اختلاط، توسط دستگاه پرس در داخل قالب مخصوص تراکم گردید. بدین ترتیب در هر بار عمل دستگاه ۳ عدد موزائیک بطور همزمان ساخته شد. برای خارج ساختن موزائیکها از قالب ابتدا کفی قالب برداشته شده و با ادامه اعمال فشار موزائیکها از قسمت تحتانی آن خارج شدند. شکل ۱



شکل ۱ - مراحل مختلف ساخت موزائیک خاک سیمان

محل نمونه ها از علائم مذکور استفاده خواهد شد.

## ۲-۲- تعیین درصد سیمان و رطوبت بهینه

در تهیه مخلوط خاک سیمان، رطوبت جهت انجام عمل هیدراتاسیون سیمان و تسهیل عمل تراکم مورد نیاز می باشد. معمولاً مقدار رطوبت مورد نیاز بر اساس آزمایش تراکم جهت حصول دانسیته خشک ماکزیمم تعیین می شود که این مقدار برای انجام فرآیند هیدراتاسیون سیمان نیز کافی می باشد. از آنجائیکه میزان رطوبت بهینه در مخلوط های خاک سیمان با مقادیر سیمان مختلف، متفاوت می باشد، لذا بایستی برای هر مخلوط با درصد سیمان مشخص، مقدار رطوبت بهینه نظیر آن با انجام آزمایش تراکم تعیین گردد. درصد سیمان بهینه در مخلوط خاک سیمان نیز مقدار سیمانی است که مخلوط خاک سیمان حاصل معیارهای مقاومت فشاری و دوام (مقاومت در برابر عوامل جوی) را تأمین نماید. بر اساس معیارهای استاندارد مقاومت فشاری، درصد بهینه سیمان مقدار سیمانی است که مخلوط حاصل دارای مقاومت فشاری ۷ روزه، ۴۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و مقاومت فشاری ۲۸ روزه، ۶۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد (۴ و ۶).

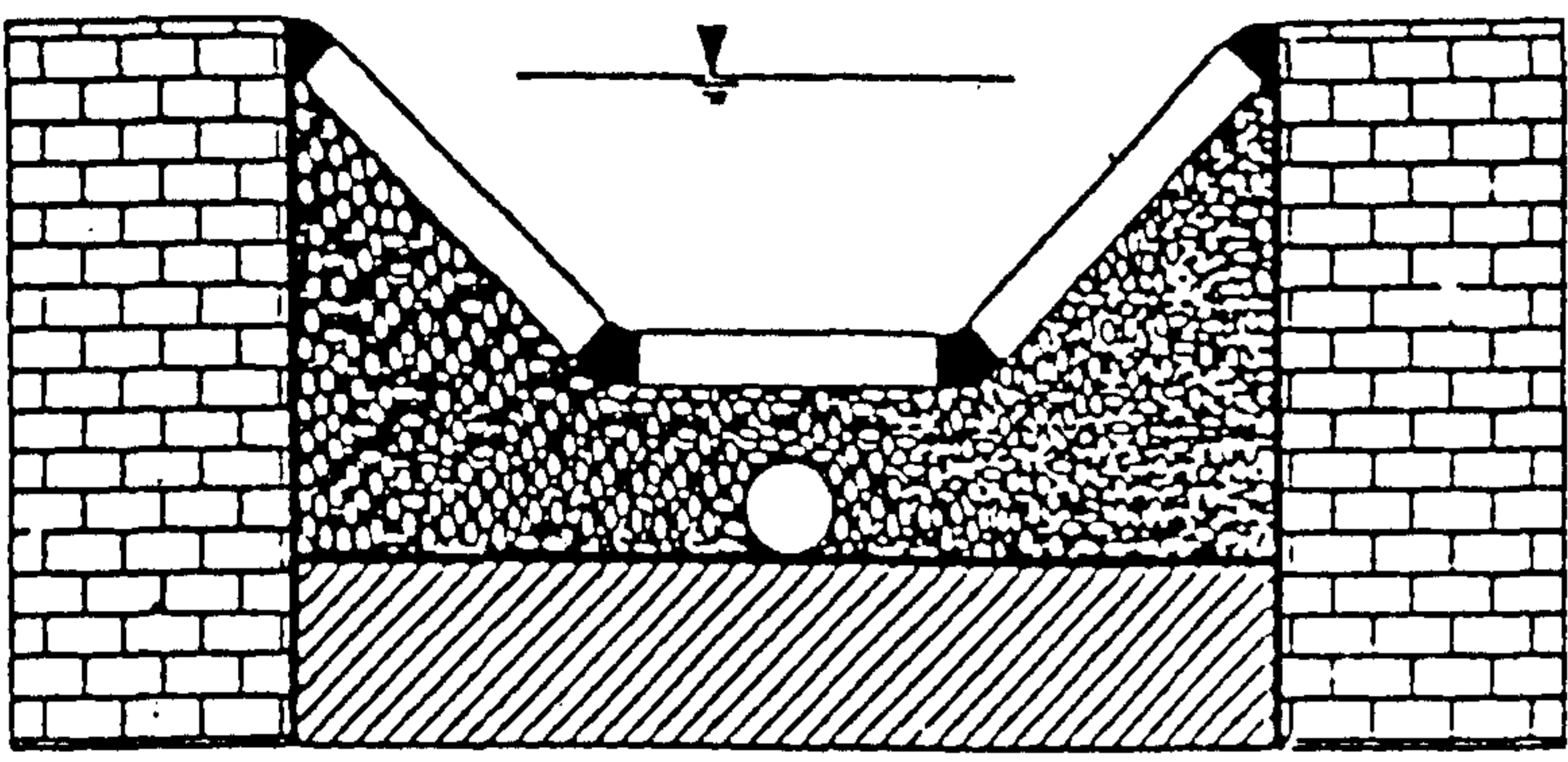
بر اساس معیار دوام، درصد بهینه سیمان، مقدار سیمانی است که نمونه های آزمایشی مورد استفاده در آزمایشهای استاندارد ذوب و یخبندان<sup>۱</sup> و تر و خشک شدن های<sup>۲</sup> مکرر کمتر از ۸٪ افت وزن داشته باشند و مقاومت نمونه در برابر استغراق در آزمایش استاندارد<sup>۳</sup> مقاومت در برابر استغراق<sup>۳</sup> بیش از ۹۰ درصد باشد. بر اساس تعریف، درصد مقاومت در برابر استغراق عبارتست از نسبت مقاومت فشاری نمونه هائی که به مدت ۷ روز در محیط مرطوب و ۷ روز دیگر در داخل آب نگهداری شده اند به مقاومت فشاری نمونه هائی که به مدت ۱۴ روز در محیط مرطوب<sup>۴</sup> نگهداری گردیده اند.

در نهایت مقدار سیمانی که هر دو معیار یاد شده (چهار آزمایش استاندارد ذکر شده) را تأمین نماید بعنوان درصد بهینه سیمان برای خاک مورد نظر انتخاب می شود.

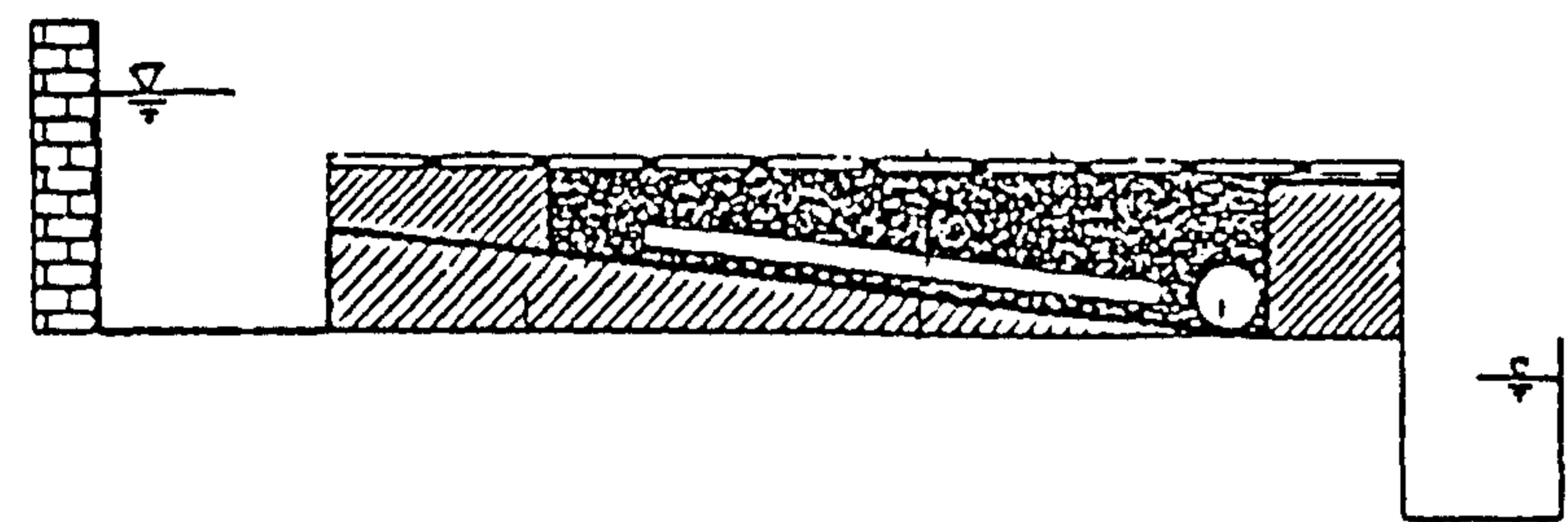
## ۲-۳- ساخت موزائیک خاک سیمان

موزائیک خاک سیمان قطعه پیش ساخته ای از مخلوط خاک با مقادیر سیمان و رطوبت بهینه می باشد که در اثر تراکم به یک جسم





شکل ۲ - مقطع عرضی کانال آزمایشگاه



شکل ۳ - مقطع طولی کانال آزمایشگاه

سیمان نیز همین مطلب صادق می‌باشد. لذا مقاومت خمشی می‌تواند در تعیین ابعاد موزائیکها مؤثر باشد. همچنین از آنجائی که ممکن است موزائیکهای خاک سیمان در طول زمان بهره برداری از کانال تحت تنشهای خمشی ناشی از وزن آب و نیروهای خارجی قرار گیرد، لذا بایستی از مقاومت خمشی قابل قبولی برخوردار باشند. حداقل مقاومت خمشی مورد نیاز برای اهداف پوشش کانال معادل  $4/5$  کیلوگرم بر سانتی متر مربع توصیه گردیده است. (۴)

در این تحقیق برای محاسبه مقاومت خمشی موزائیکهای خاک سیمان از رابطه (۲) استفاده شده است.

$$\sigma = \frac{3}{2} \cdot \frac{F.L}{bh^2} \quad (2)$$

که در آن:

$\sigma$  = مقاومت خمشی موزائیک بر حسب (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

$F$  = نیروی وارد در لحظه شکست نمونه بر حسب کیلوگرم

$h, b, L$  = به ترتیب طول، عرض و ضخامت نمونه بر حسب سانتی متر

۳- ارائه نتایج

مراحل ساخت موزائیک خاک سیمان را بطور شماتیک نشان میدهد. موزائیکهای خاک سیمان پس از خارج شدن از قالب به منظور عمل آوری در داخل کابینت مرطوب در حرارت  $21$  درجه سانتی گراد و رطوبت  $100$  درصد به مدت  $28$  روز قرار داده شدند.

#### ۲-۴- ساخت کانال آزمایشگاهی

میزان نفوذپذیری و فرسایش پذیری پوشش مورد استفاده در کانالهای آبیاری، از مهمترین مشخصات مهندسی آن محسوب می‌شود. لذا به منظور تعیین مشخصات یادشده برای کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان، کانالی با سیستم تعیین و کنترل میزان نشت و فرسایش، ساخته و با موزائیک خاک سیمان مفروش گردید.

بدین منظور ابتدا کانالی به طول مفید  $10$  متر، عرض  $80$  سانتی متر و ارتفاع  $50$  سانتی متر با سطح مقطع عرضی مستطیلی و شیب طولی  $2\%$ ، با آجر و ملات سیمان ساخته شده و سپس کف و دیواره های آن با دو لایه قیرگونی پوشانیده شد. بلافاصله بعد از لایه عایق رطوبتی (قیرگونی) روی کف کانال یک لایه شن و ماسه تمیز ریخته شد و موزائیکهای خاک سیمان مستقیماً روی لایه شنی (فیلتر) نصب گردیدند. در داخل توده فیلتر یک لوله زهکش جهت جمع آوری و خارج نمودن آب نشت یافته قرار داده شد.

در لایه شن و ماسه ای ضمن ایجاد شیب طولی کف برابر  $5/10\%$ ، سطح مقطع عرضی ذوزنقه ای شکل با شیب شیروانی  $1/5:1$  و عرض کف  $20$  سانتیمتر با استفاده از موزائیک های خاک سیمان در داخل کانال ایجاد گردید. شکلهای  $2$  و  $3$  به ترتیب مقطع طولی و عرضی کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان را نشان می‌دهد.

برای اتصال موزائیکها از ملات خمیری خاک سیمان با  $15\%$  سیمان استفاده گردیده است. در انتهای کانال یک حوضچه با ابعاد مناسب جهت ترسیب ذرات فرسایش یافته تعبیه گردیده است. بدین ترتیب با جمع آوری ذرات ترسیب یافته، میزان فرسایش پذیری کانال و با اندازه گیری میزان آب خارج شده از لوله زهکش نصب شده در فیلتر کانال، میزان آب نشت یافته از طریق پوشش موزائیک خاک سیمان قابل تعیین می‌باشند.

#### ۳-۲- تعیین مقاومت خمشی موزائیک خاک سیمان

مقاومت خمشی یک جسم معمولاً به عنوان عامل محدود کننده‌ای در تعیین ابعاد آن عمل می‌نماید. در مورد موزائیکهای خاک

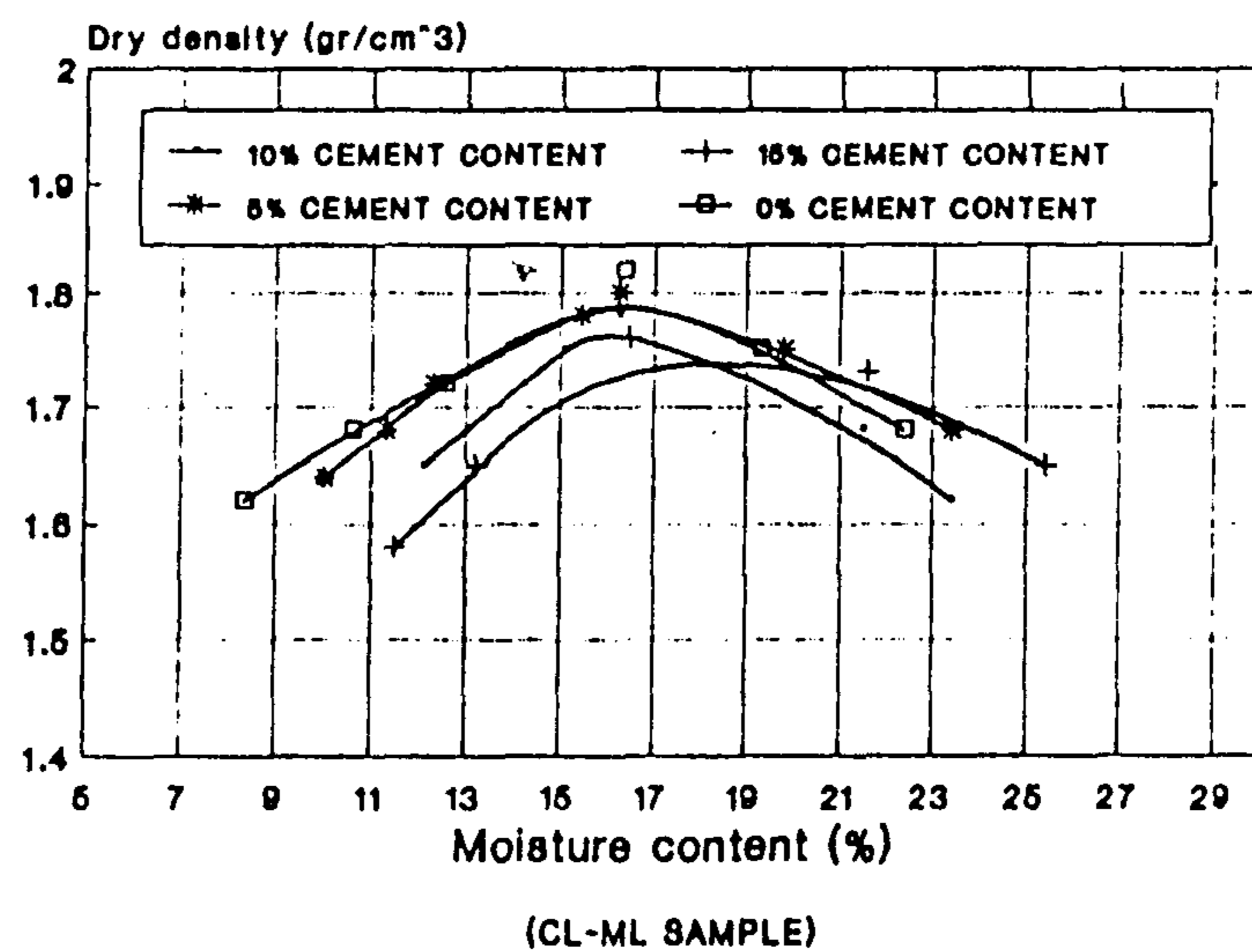
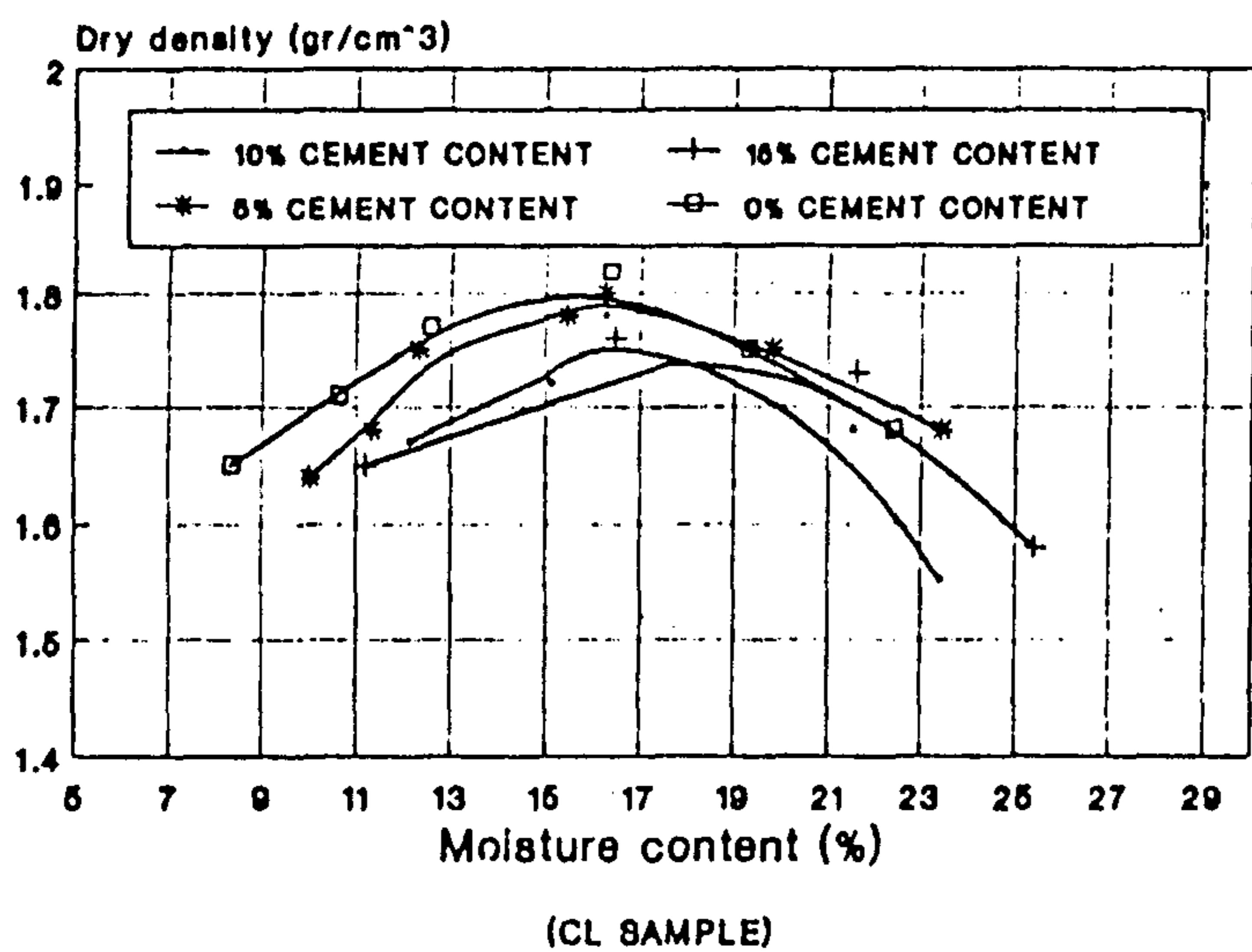


۳-۱- میزان رطوبت و سیمان بهینه

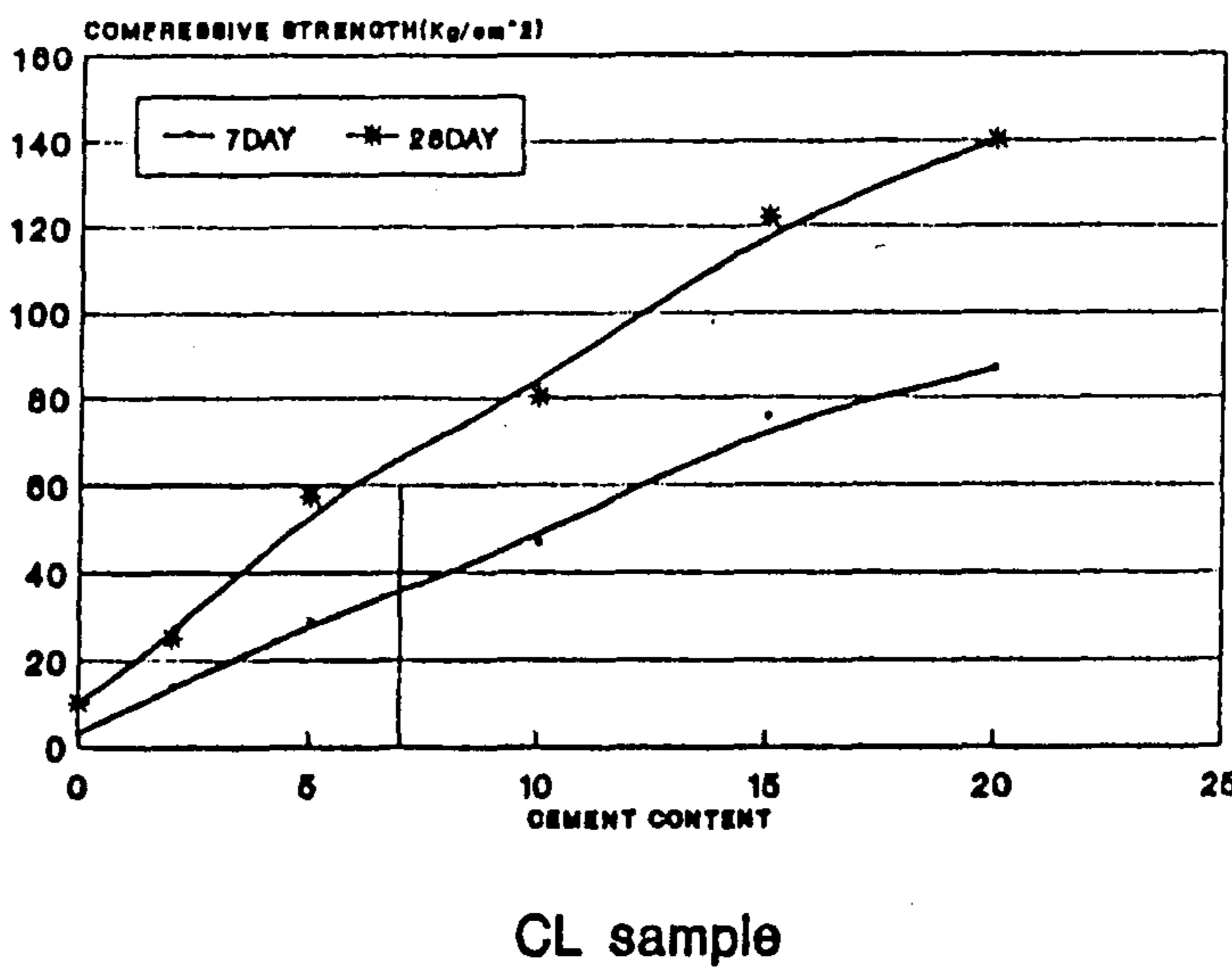
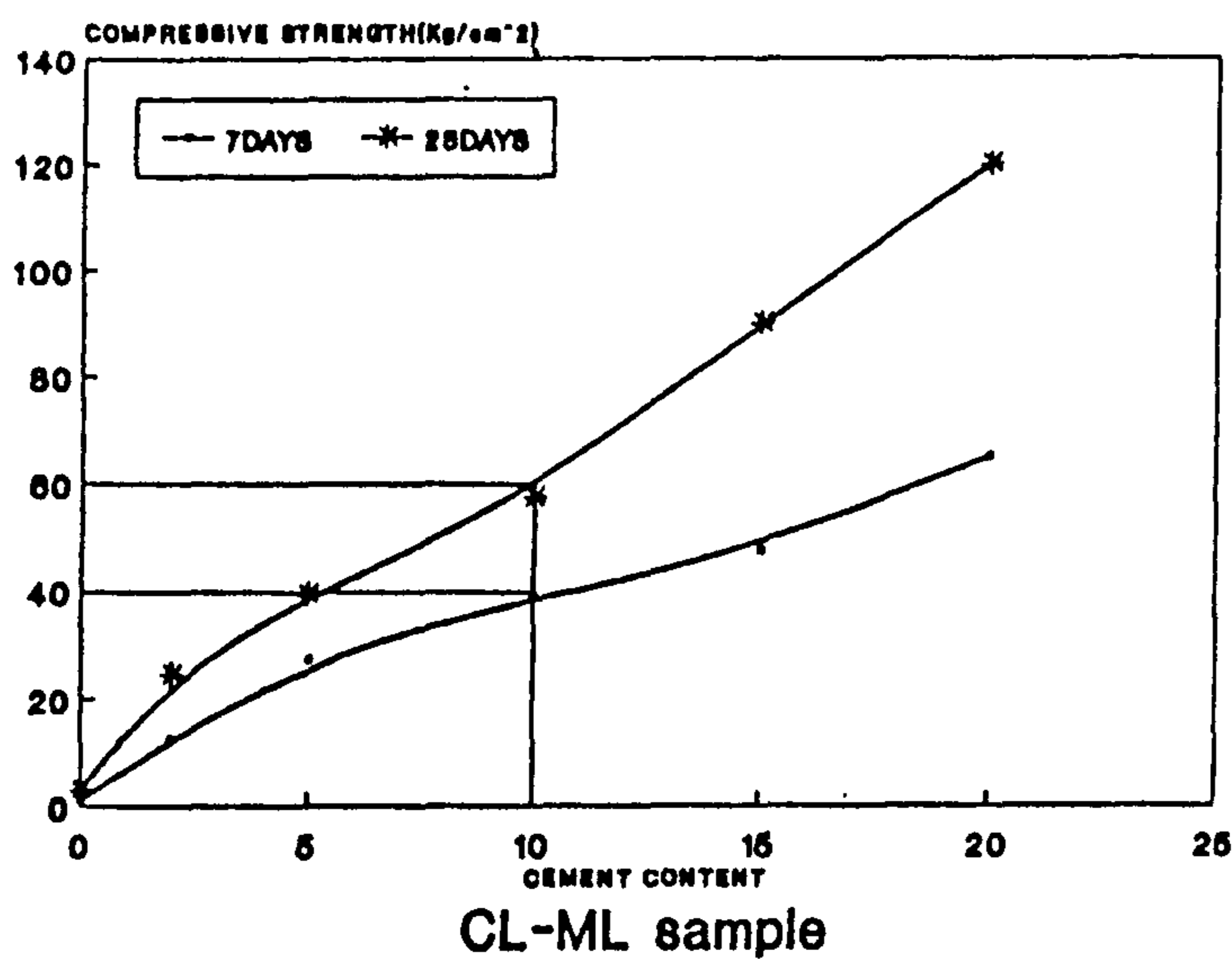
همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد، میزان رطوبت بهینه براساس آزمایش تراکم تعیین میگردد. این آزمایش بر روی نمونه های مورد بررسی با مقادیر مختلف سیمان انجام گردید که نتایج بدست آمده مطابق شکل شماره (۴) می باشد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه گردید که افزایش سیمان به خاک باعث افزایش درصد رطوبت بهینه مخلوط و کاهش دانسیته خشک ماکزیمم آن می شود.

همچنین برای تعیین درصد بهینه سیمان، آزمایشهای مقاومت فشاری و دوام مطابق آنچه که در بند (۲-۲) اشاره شد انجام گردید. شکل شماره (۵) نتایج آزمایش مقاومت فشاری را نشان می دهد. مطابق شکل مذکور درصد بهینه سیمان برای نمونه خاک CL،

CL-ML به ترتیب ۱۰ و ۷ درصد می باشد. جدولهای (۲ و ۳) مقادیر افت وزن خشک نمونه های مورد آزمایش در آزمایشهای استاندارد ذوب و یخبندان وتر و خشک شدن مکرر را نشان می دهند. همانطوریکه از جداول مذکور مشاهده می شود، میزان افت وزنی در تمامی موارد خیلی کمتر از مقدار افت مجاز (۸%) می باشد و این بدان معنی است که مقدار سیمان بدست آمده از معیار مقاومت فشاری، مقاومت لازم درمقابل سیکلهای ذوب و یخبندان و تر خشک شدن های مکرر را نیز تأمین می نماید. همچنین آزمایش تعیین مقاومت در برابر استغراق به ازای درصدهای مختلف سیمان بر روی نمونه های مورد بررسی انجام گرفت که نتایج حاصله در شکل شماره (۶) نشان داده شده است. همانطوریکه در این شکل مشاهده می شود درصد بهینه سیمان برای نمونه CL-ML معادل ۱۱% می باشد ولی



شکل ۴ - تاثیر سیمان بر مشخصات تراکمی مخلوطهای خاک سیمان



شکل ۵ - درصد بهینه سیمان بر اساس معیار مقاومت فشاری

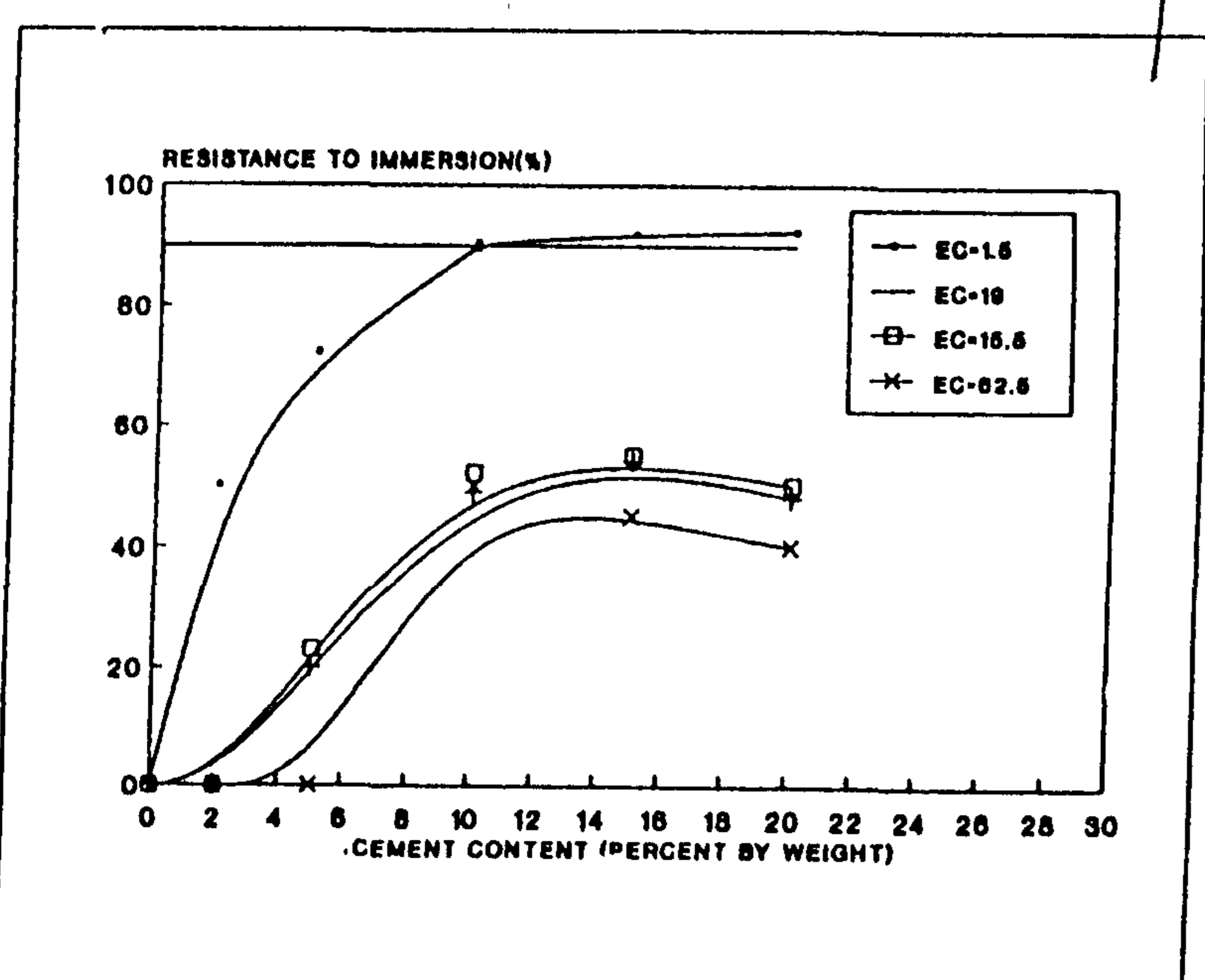
جدول ۲ - مقاومت افت وزن در آزمایش ذوب و یخبندان

درصد سیمان	۵	۷	۸	۱۰	۱۲
نوع خاک					
نمونه کرج		۰/۷		۰/۲	-
نمونه اشتهاد	۲/۳		۰/۴		۰/۱

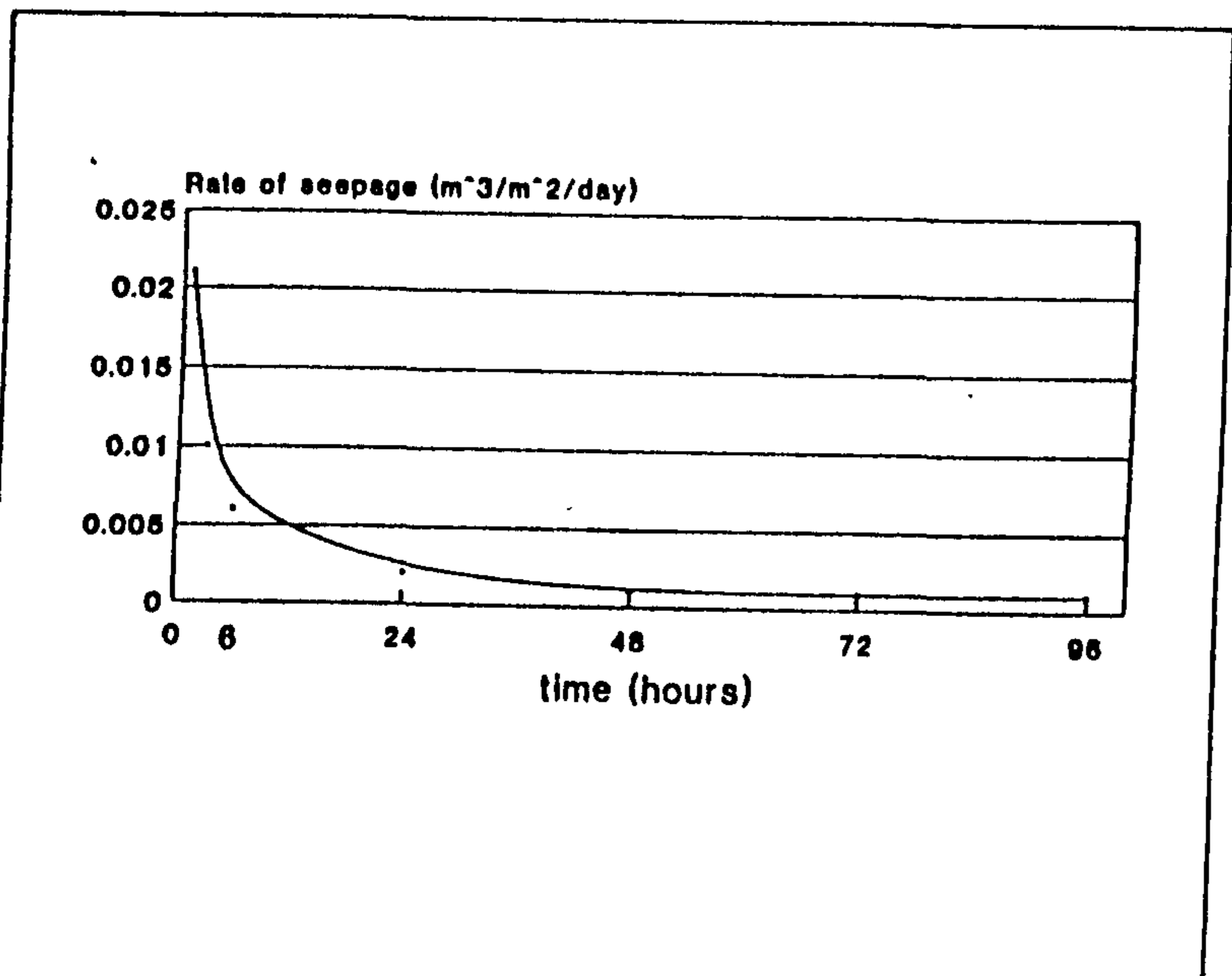
جدول ۳ - مقادیر افت وزن در آزمایش تر و خشک شدن

درصد سیمان	۵	۷	۸	۱۰	۱۲
نوع خاک					
نمونه کرج		۱/۰		۰/۵	صفر
نمونه اشتهاد	۱/۷		۱/۰		صفر

حدود ۱۰ روز به منظور تکمیل فرایند هیدراتاسیون سیمان ملات مورد استفاده در بندها پوشانده شد. پس از این مدت کانال به مدت یک ماه پراز آب نگهداری شد تا هر گونه فعل و انفعالات احتمالی روی دهد. سپس کانال خالی شده و فرصت کافی برای خشک شدن کانال و ایجاد ترک های احتمالی ناشی از انقباض داده شد. پس از این مرحله مجدداً کانال پر از آب گردید و میزان نشت نسبت به زمان اندازه گیری شد. شکل شماره (۷) تغییرات میزان نشت از کانال فوق را نسبت به زمان نشان می دهد. همانطوریکه از شکل مذکور مشاهده می شود، نفوذ پذیری کانال نسبت به زمان کاهش یافته و به یک حالت ثابت می رسد. در نهایت میزان نفوذ پذیری کانال در حدود ۱/۵ لیتر در متر مربع در روز محاسبه گردید که در مقایسه با سایر روشهای پوشش و حتی پوشش های بتنی بسیار اندک می باشد. این موضوع با نتایج تحقیقات سایر محققین نیز مطابقت دارد. ابولخیر مقدار



شکل ۶ - درصد بهینه سیمان بر اساس معیار مقاومت در برابر استغراق



شکل ۷ - تغییرات میزان نشت از کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان

نمونه CL معیار فوق را تأمین نموده است.

این موضوع به کیفیت شیمیایی و درجه شوری آن نسبت داده می شود. بدین مفهوم که نمونه هایی که حاوی درصد زیاد سولفات سایر آنیونها و کاتیونهای مضر هستند، خاک سیمان حاصل در اثر فعل و انفعالات شیمیایی عوامل یاد شده تخریب و نهایتاً در برابر استغراق در آب مقاومتی از خود نشان نمی دهند.

البته به منظور اطمینان از مطلب فوق، چند نمونه خاک با کیفیت شور و با میزان هدایت الکتریکی متفاوت انتخاب و مورد آزمایش مقاومت در برابر استغراق قرار گرفتند. مطابق شکل شماره (۶) نتایج بدست آمده مطلب یاد شده را به اثبات رساندند.

نهایتاً با تلفیق نتایج حاصله از کل آزمایشهای مقاومت فشاری و دوام، مقدار ۱۱٪ سیمان بعنوان درصد بهینه سیمان برای نمونه CL-ML تعیین و نمونه CL بعلت تأمین نکردن یکی از معیارهای ضروری از دور آزمایشها خارج گردید.

### ۳-۳- نفوذ پذیری کانال مفروش شده با موزائیک خاک سیمان

به منظور تعیین میزان نفوذ پذیری کانال مفروش شده با موزائیک خاک سیمان، کانال ساخته شده با مشخصات مذکور در بند (۲-۴) با موزائیک های خاک سیمان پوشش داده شد و سطح کانال



تنش های خمشی وارده از طرف نیروهای خارجی را تحمل نمایند.

### ۳-۶- ضریب زبری کانال مفروش شده با موزائیک خاک سیمان

ضریب زبری کانال مذکور بطور مستقیم و با استفاده از رابطه مانینگ با معلوم بودن ابعاد کانال و مشخصات هیدرولیکی جریان تعیین گردید. مقدار این ضریب با انجام آزمایش با تکرارهای مناسب حدود  $0.13$  /  $0$  محاسبه گردید. این مقدار در مقایسه با ضریب زبری اکثر روشهای پوشش کم بوده و لذا قابلیت انتقال کانالهای مفروش شده با موزائیک خاک سیمان نیز بالا خواهد بود.

## نتایج و بحث

بر اساس مجموعه نتایج بدست آمده از کل آزمایشهای انجام

شده در این تحقیق نتیجه گیری و توصیه های زیر بعمل می آید.

۱- افزایش سیمان به خاک باعث بهبود و تقویت خواص مهندسی آن میگردد و برای هر خاکی با بافت معین یک مقدار سیمان به عنوان درصد سیمان بهینه که با آن درصد، مخلوط حاصل تمام معیارهای مورد نیاز جهت کاربرد بعنوان یک ماده ساختمانی را تأمین می نماید، قابل تعیین می باشد. این مقدار سیمان متناسب با کیفیت خاک از ۵ تا ۱۵ درصد متغیر می باشد. لذا با تعیین درصد سیمان بهینه برای یک نوع خاک می توان از مخلوط خاک سیمان حاصل برای اهداف تثبیت شیب خاکریزها، تثبیت پی ها، تثبیت قشر اساس و زیر اساس جاده ها و همچنین پوشش انهار و مخازن آبیاری استفاده نمود.

۲- شوری خاک یک عامل محدود کننده برای تثبیت با سیمان می باشد. لذا در طرح مخلوط خاک سیمان بایستی قبل از انجام هر نوع آزمایشی نمونه از نظر شیمیائی تجزیه شده و اثر شوری در مشخصات مکانیکی مخلوط خاک سیمان سخت شده مورد ارزیابی قرار گیرد.

۳- بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق افزایش ۵ درصد سیمان به خاک میزان نفوذپذیری آنرا به  $0.1$  /  $0$  تقلیل داده و مخلوط حاصل حتی در برابر اعمال تنش های برشی بیشتر از تنش های متعارف انواع پوشش، مقاوم به فرسایش می باشد. این موضوع به ویژه در پوشش کانال های آبیاری حائز اهمیت می باشد.

۴- بر اساس نتایج آزمایشهای انجام شده، مشخص گردید که مخلوطهای خاک سیمان حتی با مقدار سیمان کمتر از درصد بهینه در برابر ذوب و یخبندان و تر و خشک شدن های مکرر از مقاومت

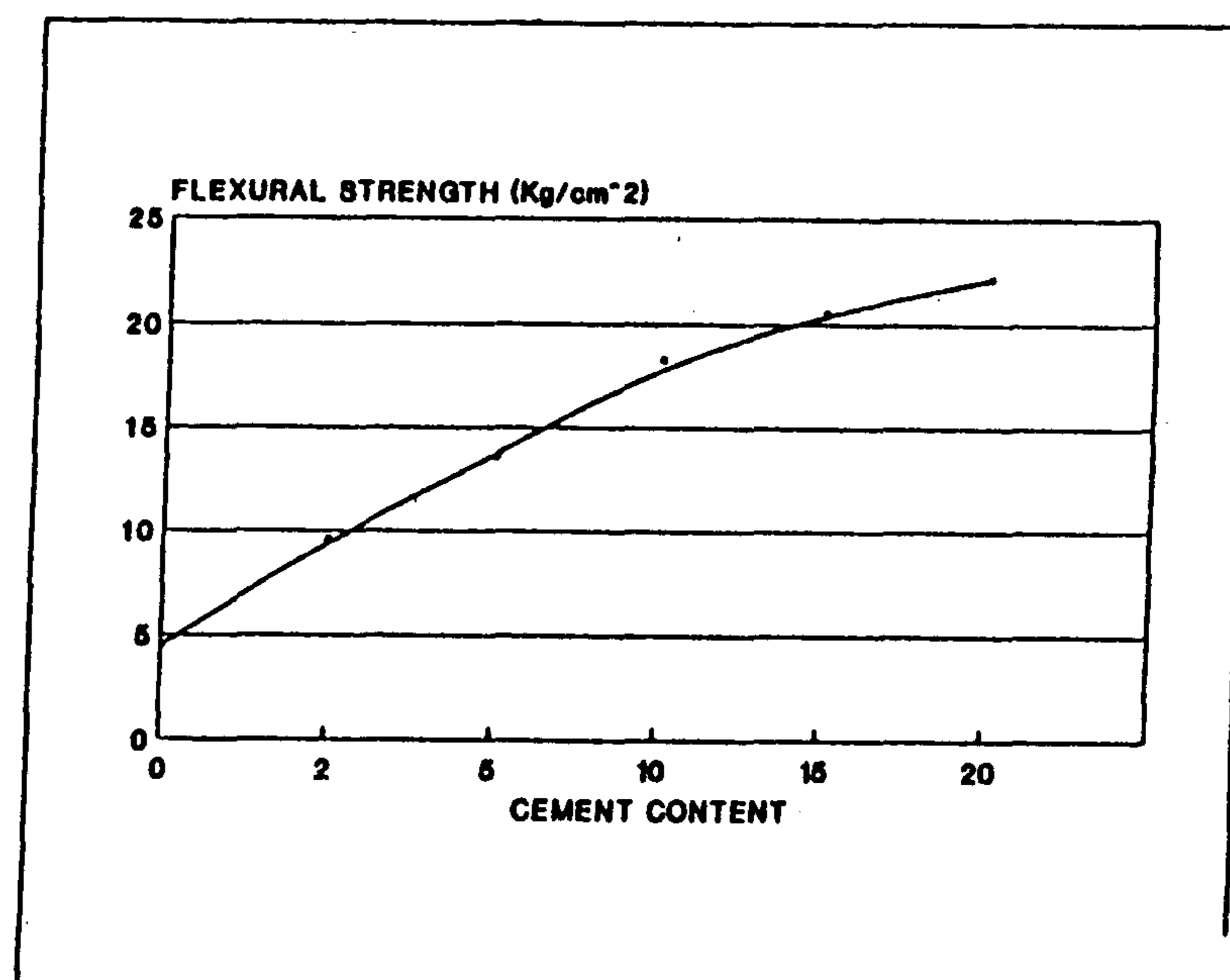
نفوذپذیری خاک سیمان را برای یک خاک لوم رسی با ۹ درصد سیمان، حدود ۲ لیتر در متر مربع در روز گزارش کرده است (۵).

### ۳-۴- فرسایش پذیری

آزمایش تعیین میزان فرسایش پذیری پوشش کانال که بر اساس جمع آوری و اندازه گیری وزن ذرات فرسایش یافته استوار بود بدین ترتیب انجام گرفت که آب به مدت ۴۰ روز و با دبی ۳۰ لیتر در ثانیه در کانال جریان داده شده و در پایان این مدت ملاحظه گردید که مقدار ذرات رسوب یافته در حوضچه انتهای کانال بسیار اندک و تقریباً نزدیک به صفر است که البته این موضوع یعنی عدم ایجاد فرسایش در سطح کانال به صورت مشاهده ای نیز قابل رؤیت بود. این در حالی است که شیب طولی کانال ساخته شده خیلی بیشتر از شیب معمول در کانالهای آبیاری می باشد، لذا با اطمینان می توان گفت که کانالهای پوشش شده با موزائیک خاک سیمان حتی در شیبهای زیاد (تنش های برشی زیاد) هم مقاوم به فرسایش می باشند (۱ و ۲). لذا در طرح هیدرولیکی کانالها می توان از روش حداکثر سرعت مجاز استفاده نمود.

### ۳-۵- نتایج آزمایش مقاومت خمشی

مقاومت خمشی موزائیکهای خاک سیمان با مقادیر مختلف سیمان مطابق آنچه که قبلاً اشاره شده است تعیین گردید. شکل شماره (۸) نتایج حاصله از آزمایش فوق را نشان می دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه میگردد که موزائیکهای خاک سیمان حتی با مقادیر سیمان کمتر از سیمان بهینه، از مقاومت خمشی نسبتاً خوبی برخوردار می باشند و براحتی در طول دوره بهره برداری می توانند



شکل ۸ - مقاومت خمشی موزائیکهای خاک سیمان

بسیار خوبی برخوردار می باشند. لذا انتظار می رود که مخلوط های سیمان پذیرفته شده بر اساس استانداردهای مربوطه (بویژه استانداردهای ذوب و یخبندان و تر و خشک شدن) از عمر کافی (۱۰ تا ۱۵ سال) برخوردار باشند.

۵- نتایج رضایتبخش آزمایشهای تعیین میزان نفوذپذیری و فرسایش پذیری کانال مفروش شده با موزائیکهای پیش ساخته خاک سیمان نشان دادند که این ماده تمام معیارهای مورد نیاز جهت پوشش کانالهای آبیاری را به نحو مطلوبی تامین می کند. لذا در مواردیکه استفاده از

ماشین آلات جهت تراکم نمودن مخلوط خاک سیمان در محل مشکل و یا غیر ممکن باشد می توان از قطعات پیش ساخته آن برای پوشش کانالها استفاده نمود.

با عنایت به موارد یاد شده استفاده از موزائیک خاک سیمان میتواند بعنوان یک گزینه مناسب برای پوشش کانالهای آبیاری مطرح شود. بدیهی است که استفاده از این روش نیز مثل سایر روشهای متداول باید بر اساس شرایط و امکانات موجود و جنبه های اقتصادی و اجتماعی و فنی پروژه صورت گیرد.

### مراجع مورد استفاده

### REFERENCES

- ۱- رحیمی، ح. و عباسی، ن. ۱۳۷۴. «استفاده از موزائیک خاک سیمان برای پوشش کانالهای آبیاری». مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- ۲- رحیمی، ح. و خیراندیش، خ. و عباسی، ن. ۱۳۷۴. «بررسی پایداری بلانکت و بلوکهای خاک سیمان در برابر امواج». مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- 3- FAO, 1977. "Irrigation canal lining", Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
- 4- USBR, "Soil-cement slope protection" Department of the Interior, U. S. Bureau of Reclamation. Design Standards Embankment Dams Chapter 17.
- 5- Khair, A. 1988 "Soil-cement tiles for lining small canals" Ph.D. Thesis. University of Newcastle Upon Tyne, UK.
- 6- ACI, 1990. "State - of - the - Aet Report on soil-cement" ACI. Materials Journal, July-August.



## Physical and Mechanical Characteristic of Soil - Cement Tiles as Canal Lining

H. RAHIMI AND N. ABBASSI

professor College of Agriculture , University of Tehran Iran and Research Asistant,  
Technic Agri.Eng.Res.Inis. Karaj .Iran

Accepted 17. June 1998

### SUMMARY

Several materials such as rigid, flexible, soil sealants and stabilizers, have been used for irrigation canal linings, each having its different advantages and disadvantages. In this research, physical and mechanical properties of soil-cement tiles for canal lining have been investigated. For this purpose, several proportions of soil mixed with different percentages of Portland cement have been made and shaped in the form of tiles, using a hydraulic compression machine. The tiles were pressed to achieve the maximum dry density, with a final size of 30 x 20 x 5 cm. The durability, as well as mechanical properties of the material were checked according to ASTM standards, those tiles which passed the tests were used for further investigation as canal lining. A laboratory trapezoidal canal section with a length of 10 m, bottom width of 20 cm, side slope of 1:1.5 and longitudinal slope of 0.5% having a discharge capacity of 30 lit./sec. was constructed and lined by soil - cement tiles. The rate of seepage through the lining and its erosion were measured after 240 hours of flow in the canal. The final results showed that the seepage rate was as low as 0.0015 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day, showing no indication of erodibility. The overall results of the research proved the possibility of making and using soil-cement tiles as canal lining and its excellent behaviour against water flow. Finally, it was concluded that soil - cement tiles can be used as a cheap canal lining, where the good quality coarse grained materials are not available.

**Keywords:** Soil , Cement & Canal Lining



# استفاده از موزائیک خاک سیمان برای پوشش کانالهای آبیاری

حسن رحیمی و نادر عباسی

بترتیب استاد گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و

کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ پذیرش مقاله ۷۷/۳/۲۷

## خلاصه

برای پوشش کانالهای آبیاری، روشهای متعددی نظیر پوششهای سخت، انعطاف پذیر، خاکی و استفاده از تثبیت کننده های شیمیایی پیشنهاد گردیده اند که هر کدام مسائل فنی و اقتصادی خاص خود را دارا می باشند. در این تحقیق استفاده از موزائیکهای خاک سیمان با ابعاد  $20 \times 30 \times 5$  سانتی متر برای پوشش کانالهای آبیاری مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا موزائیکهایی از خاک و با درصد بیهینه سیمان و آب ساخته شدند و سپس یک کانال آزمایشگاهی با سطح مقطع دوزنقه‌ای با عرض کف ۲۰ سانتی متر، شیب شیروانی ۱/۵٪، شیب طولی ۰/۵٪ و با طول مفید ۱۰ متر ساخته و با موزائیکهای خاک سیمان پوشش داده شد. کانال مذکور طوری ساخته شده است که میزان نفوذپذیری و فرسایش پذیری کانال بطور مستقیم قابل اندازه گیری می باشند. براساس آزمایشهای انجام شده، میزان نفوذپذیری کانال در حدود ۱/۵ لیتر در متر مربع در روز اندازه گیری شد و همچنین میزان فرسایش پذیری آن بسیار اندک و غیر قابل اندازه گیری بود، که البته این موضوع به صورت مشاهده‌ای نیز مورد تأیید قرار گرفت (۱). نتایج بدست آمده نشان دادند که کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان، با میزان نفوذپذیری بسیار اندک و مقاوم به فرسایش بودن، عملکرد رضایتبخشی مخصوصاً در جاهایی که آب آبیاری بسیار گران و یا مصالح سنگی مناسب (شن و ماسه) جهت پوشش موجود نمی باشد، خواهد داشت.

## واژه های کلیدی: خاک سیمان، پوشش کانال و کانالهای آبیاری

### مقدمه

در ایران عمدتاً از پوشش بتنی که گرانترین نوع می باشد، استفاده می شود که غالباً بدلیل عدم توجه به مسائل بستر کانال و عدم بهره برداری و نگهداری مناسب، علاوه بر صرف هزینه های زیاد، هدف اصلی طرح یعنی کاهش تلفات آب و افزایش راندمان آبیاری زیر سؤال قرار گرفته است. در حالیکه در بسیاری از موارد استفاده از پوششهای ساده، ارزان قیمت، سهل الاجرا و با عمر کمتر، اقتصادی تر از پوششهای با کیفیت بالا و پرهزینه با اجرای ناقص، غلط و ناپایدار می باشند. در این راستا استفاده از مصالح محلی و خاک بعنوان یکی از متداولترین و ارزانتترین ماده ساختمانی از اهمیت خاصی برخوردار خواهد بود. اصولاً استفاده از خاک برای مقاصد یاد شده به دلیل

در چند دهه اخیر متناسب با پیشرفت تکنولوژی و بر اساس نیازهای اجرائی انواع مختلف پوشش کانال مورد استفاده قرار گرفته است. بدیهی است که با توجه به ویژگیهای هر یک از انواع پوشش کانال، مورد کاربرد آنها، تابع وضعیت موجود بوده و عوامل متعددی بر انتخاب آنها مؤثر می باشند. مشخصات فنی خاک بستر کانال، توپوگرافی مسیر، میزان آبیندی مورد نیاز، وجود نیروی انسانی و ماشین آلات مناسب و جنبه های اقتصادی از جمله عواملی هستند که در انتخاب نوع پوشش مؤثر می باشند.

علیرغم تنوع در کیفیت انواع پوشش های متداول در دنیا،



ساختن موزائیکهای خاک سیمانی با ابعاد  $20 \times 30 \times 5$  سانتیمتری و اجرای کانال در مقیاس بزرگ ادامه یافت که نتایج حاصله در ادامه خواهد آمد.

## ۲- روش تحقیق

به منظور انجام این تحقیق ابتدا یک نوع خاک با بافت و کیفیت شیمیائی معمول از منطقه کرج و یک نمونه دیگر با کیفیت شیمیائی نامناسب (شور) به منظور بررسی اثر کیفیت شیمیائی و شوری خاک در کیفیت خاک سیمان از منطقه اشتهارد انتخاب و مورد آزمایش های شناسائی و تفصیلی قرار گرفتند.

## ۲-۱- آزمایشهای شناسائی

مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیائی نمونه های مورد مطالعه، بر اساس آزمایشهای استاندارد موجود تعیین گردیدند. آزمایشهای انجام شده در این تحقیق عمدتاً بر اساس استانداردهای ASTM بوده و در مواردیکه از سایر استانداردها استفاده شده به آن اشاره خواهد شد. جدول شماره (۱) نتایج آزمایشهای شناسائی و طبقه بندی نمونه ها را نشان میدهد. بر اساس جدول مذکور حد روانی و دامنه خمیری نمونه های مورد آزمایش به ترتیب کمتر از ۵۰ و ۲۵ درصد می باشند و در نتیجه بر اساس شواهد موجود، محدودیتی از نظر خواص خمیرائی نمونه ها، جهت تثبیت با سیمان وجود ندارد. اما در مورد نمونه اشتهارد که هدایت الکتریکی (درجه شوری) آن زیاد می باشد این احتمال وجود دارد که در اثر کنش های شیمیائی، خاک سیمان ساخته شده، عملکرد ضعیفی را از خود نشان دهد. معذک به منظور تعیین کم و کیف این موضوع آزمایشهای تفصیلی بر روی هر دو نمونه انجام گرفت.

طبقه بندی نمونه ها بر اساس سیستم یونیفاید صورت گرفت که بر اساس آن نمونه خاک کرج از نوع CL-ML و نمونه اشتهارد از نوع CL تشخیص داده شدند که از این به بعد به جای ذکر اسامی

ضعف خواص مهندسی آن با محدودیتهائی مواجه می باشد. از این رو تحقیق در زمینه روشهای تقویت خواص مهندسی خاک و استفاده از آن در طرحهای عمرانی مخصوصاً در پوشش کانالهای آبیاری ضروری به نظر می رسد. تثبیت خاک با سیمان تکنیکی است که از حدود یک قرن پیش به منظور بهبود خواص مهندسی و پایدار ساختن آن مورد استفاده قرار می گیرد، بطوریکه امروزه مخلوط خاک سیمان به عنوان یک ماده ساختمانی شناخته شده، می باشد.

از خاک سیمان در ابتدا به منظور تثبیت قشر اساس و زیر اساس و همچنین ساخت رویه جاده ها استفاده گردیده و نتایج رضایت بخش تجربه فوق باعث شد که تحقیقات گسترده ای در زمینه استفاده از آن در موارد مختلفی نظیر حفاظت شیپها، مخازن آب، تثبیت پی ها و ساخت آجر و بلوک خاک سیمانی برای اهداف ساختمان سازی صورت بگیرد. کاربرد خاک سیمان به منظور پوشش کانالهای آبیاری به دو صورت استفاده از ملات خاک سیمان و خاک سیمان متراکم شده امکان پذیر می باشد (۴ و ۳). طبق تجربیات و تحقیقات انجام شده خاک سیمان متراکم شده از دوام و کیفیت مطلوبتری نسبت به خاک سیمان خمیری با درصد سیمان یکسان برخوردار می باشد (۵). معذک اجرای خاک سیمان متراکم شده منوط به استفاده از ماشین آلات سنگین می باشد که در کانالهای کوچک به دلیل عدم مانورپذیری ماشین آلات با محدودیتهائی مواجه است.

ابوالخیر در سال ۱۹۸۸ استفاده از قطعات پیش ساخته خاک سیمان برای پوشش کانالهای آبیاری را مطرح نمود. وی یک کانال آزمایشگاهی به طول ۳ متر را با موزائیکهای خاک سیمان به ابعاد  $14 \times 29 \times 2/5$  سانتی پوشش نمود. و پس از بررسیهای لازم قطعات پیش ساخته خاک سیمان را به عنوان یک روش مناسب برای پوشش کانالهای آبیاری توصیه نمود (۵). در این تحقیق مطالعات وی با

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیائی نمونه های مورد بررسی

مشخصات	حدود اتربرگ			طبقه بندی بر اساس سیستم یونیفاید	مشخصات تراکمی		مشخصات شیمیائی				
	دامنه خمیری	حد خمیری	حد روانی		$\omega$	$\gamma_d$	مواد آلی	So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	درصد اشباع	pH	EC
نمونه							meq/lit	gr/100g			
نمونه کرج	۶	۱۸/۵	۲۴/۵	CL-ML	۱۴/۵	۱/۸۳	۲/۹	۲۵	۸	۲/۹	۰/۵
نمونه اشتهارد	۸	۲۰	۲۸	CL	۱۴	۱/۸۵	۱۸/۵	۸۹	۸/۹	۱۸/۵	۰/۳



سخت و پایدار تبدیل شده است. برای ساخت موزائیک خاک سیمان، مخلوط خاک سیمان در یک قالب با ابعاد مشخص و تا رسیدن به ضخامت معین تراکم می شود برای انجام این عمل می توان از یک نوع جک هیدرولیکی ساده تا دستگاههای الکتریکی پیشرفته استفاده نمود. در این تحقیق که هدف ساخت موزائیک با ابعاد  $30 \times 20 \times 5$  سانتی متر بود، از یک پرس الکتریکی و یک قالب با ابعاد  $30 \times 20 \times 20$  استفاده گردید. بدین منظور ابتدا وزن مقدار مخلوط خاک سیمان مورد نیاز برای ساخت همزمان سه عدد موزائیک از رابطه شماره (۱) محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن ضخامت صفحات جداکننده در داخل قالب ریخته شد.

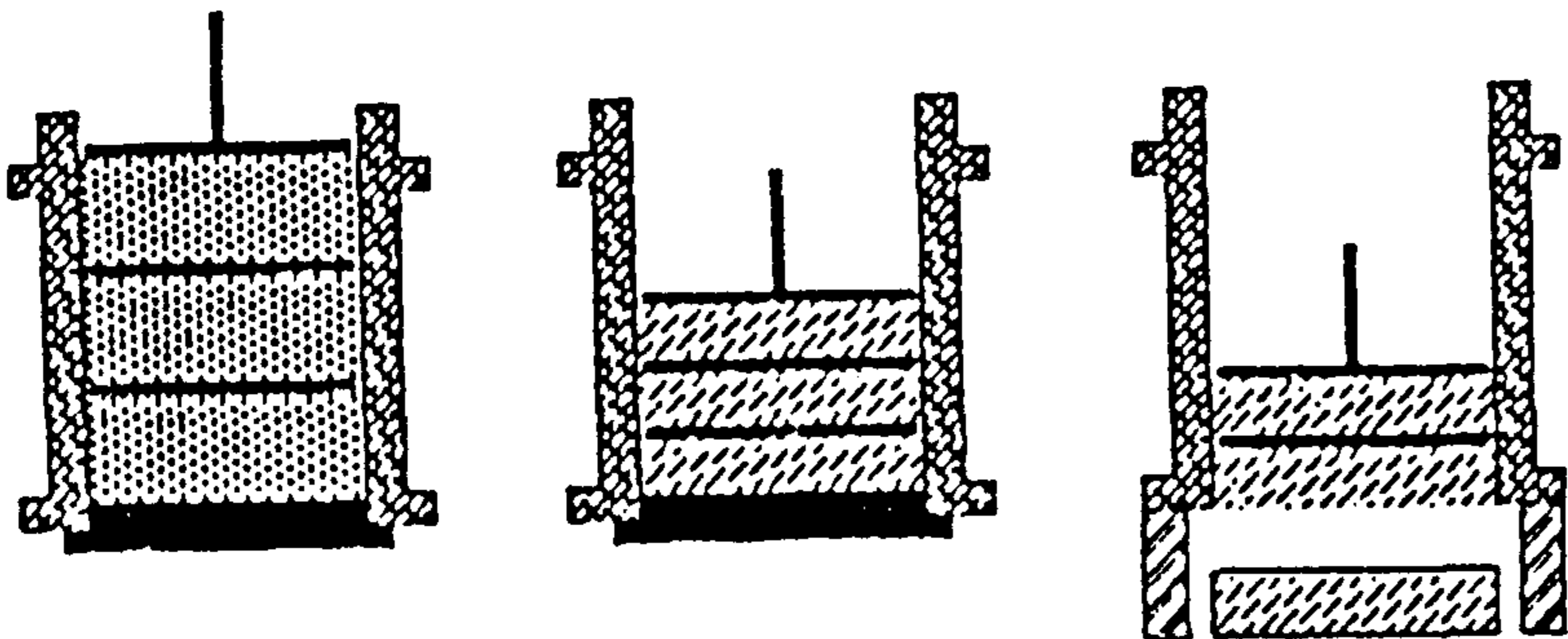
$$m = V (1 + \omega) \gamma_d \quad (1)$$

که در آن .

$m$  = وزن یک عدد موزائیک خاک سیمان بر حسب گرم  
 $\gamma_d$  = دانسیته خشک ماکزیمم مخلوط خاک با درصد بهینه سیمان بر حسب  $(g/cm^3)$   
 $V$  = حجم نمونه بر حسب  $(cm^3)$  که در این تحقیق برابر  $3000$  سانتی متر مکعب بوده است .

$\omega$  = مقدار رطوبت بهینه مخلوط خاک سیمان

مقدار ترکیب اجزاء مخلوط مورد نظر بر اساس رابطه (۱) و با توجه به درصد سیمان محاسبه و پس از اختلاط، توسط دستگاه پرس در داخل قالب مخصوص تراکم گردید. بدین ترتیب در هر بار عمل دستگاه ۳ عدد موزائیک بطور همزمان ساخته شد. برای خارج ساختن موزائیکها از قالب ابتدا کفی قالب برداشته شده و با ادامه اعمال فشار موزائیکها از قسمت تحتانی آن خارج شدند. شکل ۱



شکل ۱ - مراحل مختلف ساخت موزائیک خاک سیمان

محل نمونه ها از علائم مذکور استفاده خواهد شد.

## ۲-۲- تعیین درصد سیمان و رطوبت بهینه

در تهیه مخلوط خاک سیمان، رطوبت جهت انجام عمل هیدراتاسیون سیمان و تسهیل عمل تراکم مورد نیاز می باشد. معمولاً مقدار رطوبت مورد نیاز بر اساس آزمایش تراکم جهت حصول دانسیته خشک ماکزیمم تعیین می شود که این مقدار برای انجام فرآیند هیدراتاسیون سیمان نیز کافی می باشد. از آنجائیکه میزان رطوبت بهینه در مخلوط های خاک سیمان با مقادیر سیمان مختلف، متفاوت می باشد، لذا بایستی برای هر مخلوط با درصد سیمان مشخص، مقدار رطوبت بهینه نظیر آن با انجام آزمایش تراکم تعیین گردد. درصد سیمان بهینه در مخلوط خاک سیمان نیز مقدار سیمانی است که مخلوط خاک سیمان حاصل معیارهای مقاومت فشاری و دوام (مقاومت در برابر عوامل جوی) را تأمین نماید. بر اساس معیارهای استاندارد مقاومت فشاری، درصد بهینه سیمان مقدار سیمانی است که مخلوط حاصل دارای مقاومت فشاری ۷ روزه، ۴۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و مقاومت فشاری ۲۸ روزه، ۶۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد (۴ و ۶).

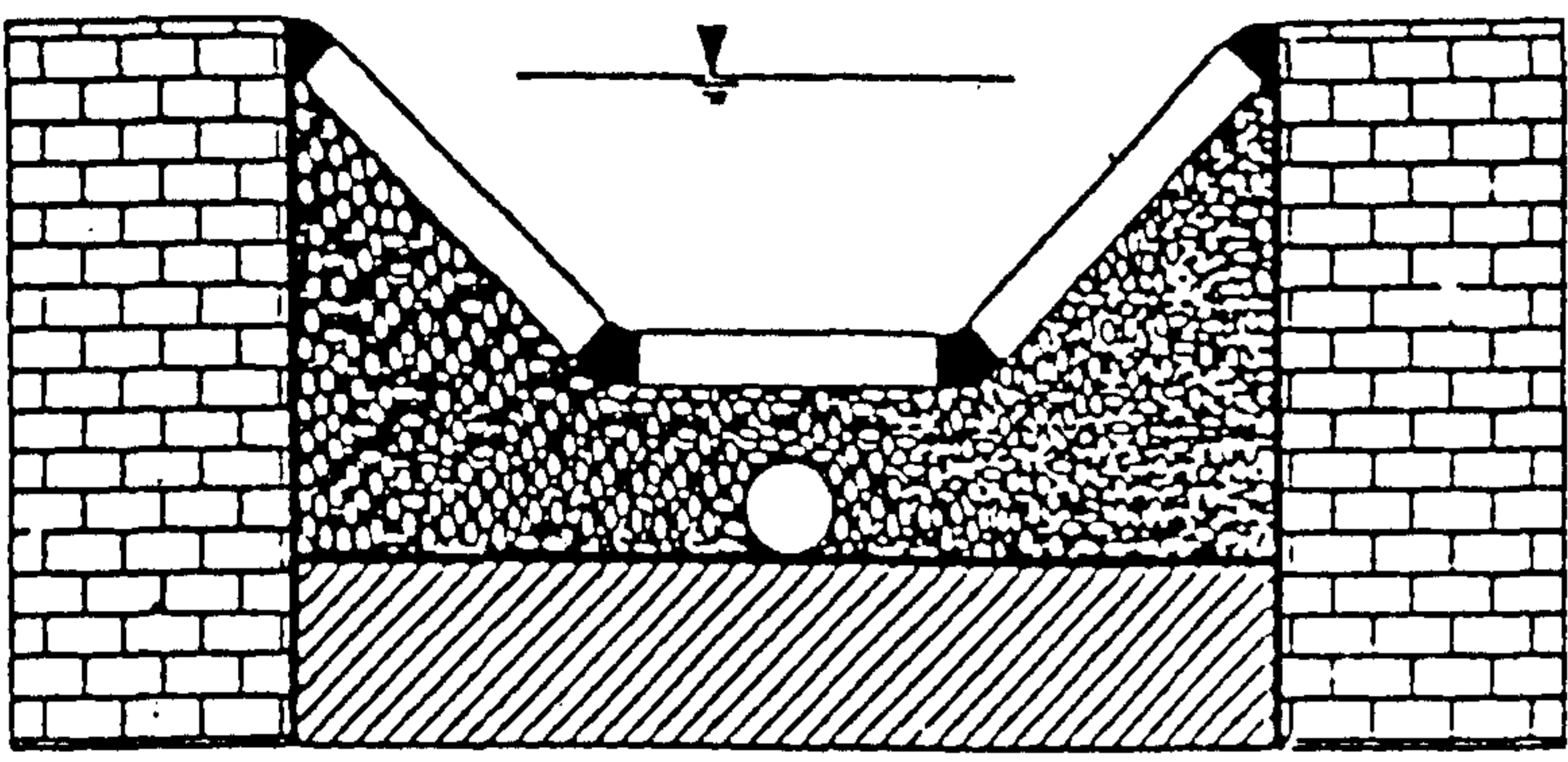
بر اساس معیار دوام، درصد بهینه سیمان، مقدار سیمانی است که نمونه های آزمایشی مورد استفاده در آزمایشهای استاندارد ذوب و یخبندان<sup>۱</sup> و تر و خشک شدن های<sup>۲</sup> مکرر کمتر از ۸٪ افت وزن داشته باشند و مقاومت نمونه در برابر استغراق در آزمایش استاندارد<sup>۳</sup> مقاومت در برابر استغراق<sup>۳</sup> بیش از ۹۰ درصد باشد. بر اساس تعریف، درصد مقاومت در برابر استغراق عبارتست از نسبت مقاومت فشاری نمونه هائی که به مدت ۷ روز در محیط مرطوب و ۷ روز دیگر در داخل آب نگهداری شده اند به مقاومت فشاری نمونه هائی که به مدت ۱۴ روز در محیط مرطوب<sup>۴</sup> نگهداری گردیده اند.

در نهایت مقدار سیمانی که هر دو معیار یاد شده (چهار آزمایش استاندارد ذکر شده) را تأمین نماید بعنوان درصد بهینه سیمان برای خاک مورد نظر انتخاب می شود.

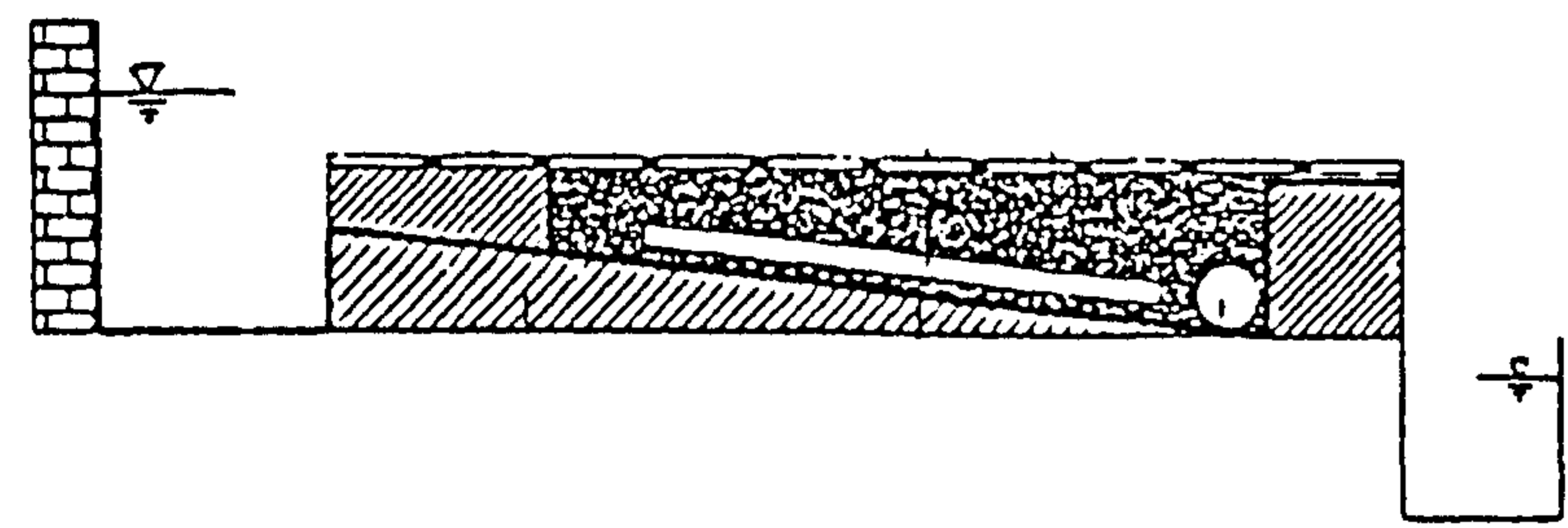
## ۲-۳- ساخت موزائیک خاک سیمان

موزائیک خاک سیمان قطعه پیش ساخته ای از مخلوط خاک با مقادیر سیمان و رطوبت بهینه می باشد که در اثر تراکم به یک جسم





شکل ۲ - مقطع عرضی کانال آزمایشگاه



شکل ۳ - مقطع طولی کانال آزمایشگاه

سیمان نیز همین مطلب صادق می‌باشد. لذا مقاومت خمشی می‌تواند در تعیین ابعاد موزائیکها مؤثر باشد. همچنین از آنجائی که ممکن است موزائیکهای خاک سیمان در طول زمان بهره برداری از کانال تحت تنشهای خمشی ناشی از وزن آب و نیروهای خارجی قرار گیرد، لذا بایستی از مقاومت خمشی قابل قبولی برخوردار باشند. حداقل مقاومت خمشی مورد نیاز برای اهداف پوشش کانال معادل  $4/5$  کیلوگرم بر سانتی متر مربع توصیه گردیده است. (۴)

در این تحقیق برای محاسبه مقاومت خمشی موزائیکهای خاک سیمان از رابطه (۲) استفاده شده است.

$$\sigma = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot L}{bh^2} \quad (2)$$

که در آن:

$\sigma$  = مقاومت خمشی موزائیک بر حسب (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

$F$  = نیروی وارد در لحظه شکست نمونه بر حسب کیلوگرم

$h, b, L$  = به ترتیب طول، عرض و ضخامت نمونه بر حسب سانتی متر

۳- ارائه نتایج

مراحل ساخت موزائیک خاک سیمان را بطور شماتیک نشان میدهد. موزائیکهای خاک سیمان پس از خارج شدن از قالب به منظور عمل آوری در داخل کابینت مرطوب در حرارت  $21$  درجه سانتی گراد و رطوبت  $100$  درصد به مدت  $28$  روز قرار داده شدند.

#### ۲-۴- ساخت کانال آزمایشگاهی

میزان نفوذپذیری و فرسایش پذیری پوشش مورد استفاده در کانالهای آبیاری، از مهمترین مشخصات مهندسی آن محسوب می‌شود. لذا به منظور تعیین مشخصات یادشده برای کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان، کانالی با سیستم تعیین و کنترل میزان نشت و فرسایش، ساخته و با موزائیک خاک سیمان مفروش گردید.

بدین منظور ابتدا کانالی به طول مفید  $10$  متر، عرض  $80$  سانتی متر و ارتفاع  $50$  سانتی متر با سطح مقطع عرضی مستطیلی و شیب طولی  $2\%$ ، با آجر و ملات سیمان ساخته شده و سپس کف و دیواره های آن با دو لایه قیرگونی پوشانیده شد. بلافاصله بعد از لایه عایق رطوبتی (قیرگونی) روی کف کانال یک لایه شن و ماسه تمیز ریخته شد و موزائیکهای خاک سیمان مستقیماً روی لایه شنی (فیلتر) نصب گردیدند. در داخل توده فیلتر یک لوله زهکش جهت جمع آوری و خارج نمودن آب نشت یافته قرار داده شد.

در لایه شن و ماسه ای ضمن ایجاد شیب طولی کف برابر  $5/10\%$ ، سطح مقطع عرضی ذوزنقه ای شکل با شیب شیروانی  $1/5:1$  و عرض کف  $20$  سانتیمتر با استفاده از موزائیک های خاک سیمان در داخل کانال ایجاد گردید. شکلهای ۲ و ۳ به ترتیب مقطع طولی و عرضی کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان را نشان می‌دهد.

برای اتصال موزائیکها از ملات خمیری خاک سیمان با  $15\%$  سیمان استفاده گردیده است. در انتهای کانال یک حوضچه با ابعاد مناسب جهت ترسیب ذرات فرسایش یافته تعبیه گردیده است. بدین ترتیب با جمع آوری ذرات ترسیب یافته، میزان فرسایش پذیری کانال و با اندازه گیری میزان آب خارج شده از لوله زهکش نصب شده در فیلتر کانال، میزان آب نشت یافته از طریق پوشش موزائیک خاک سیمان قابل تعیین می‌باشند.

#### ۳-۲- تعیین مقاومت خمشی موزائیک خاک سیمان

مقاومت خمشی یک جسم معمولاً به عنوان عامل محدود کننده‌ای در تعیین ابعاد آن عمل می‌نماید. در مورد موزائیکهای خاک

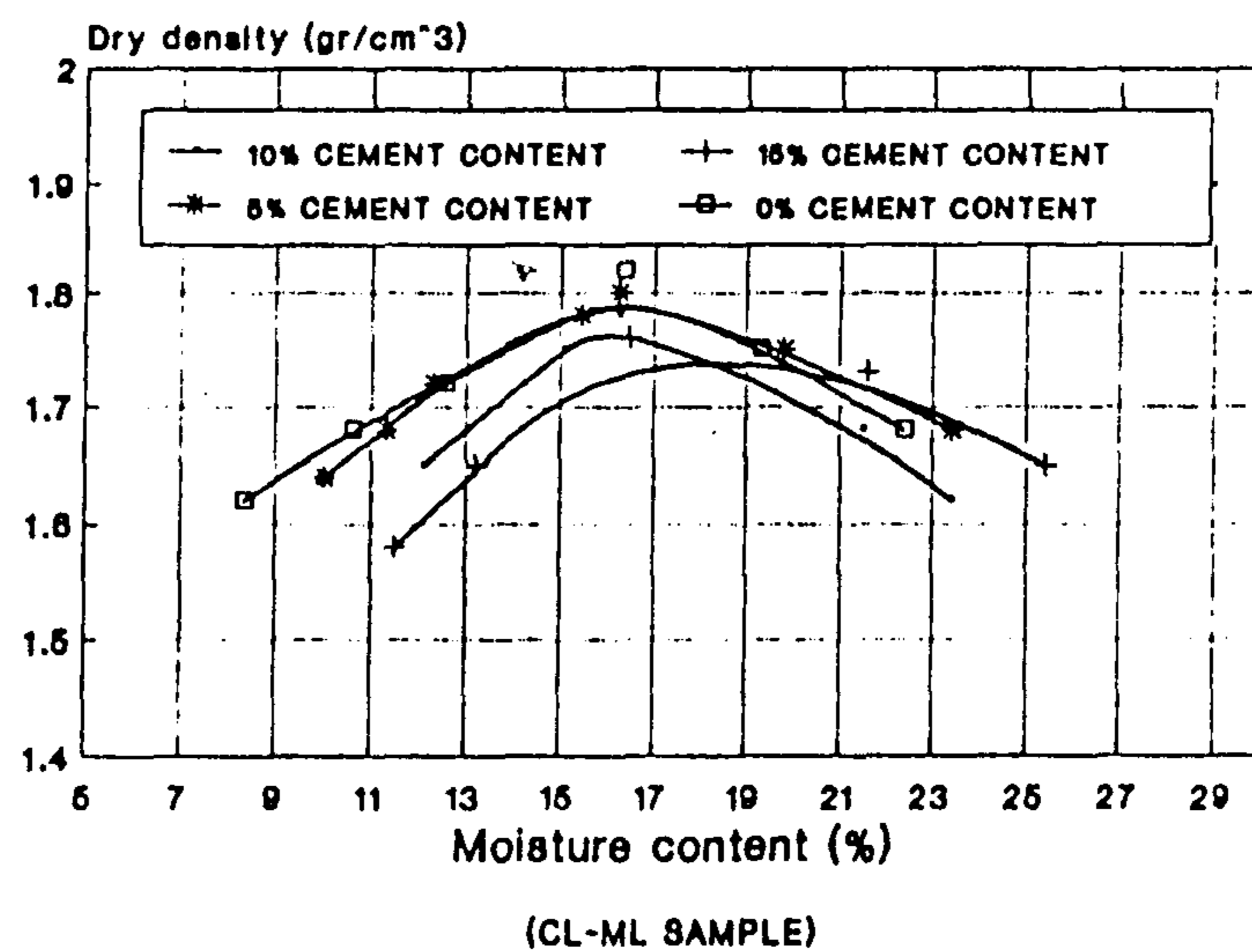
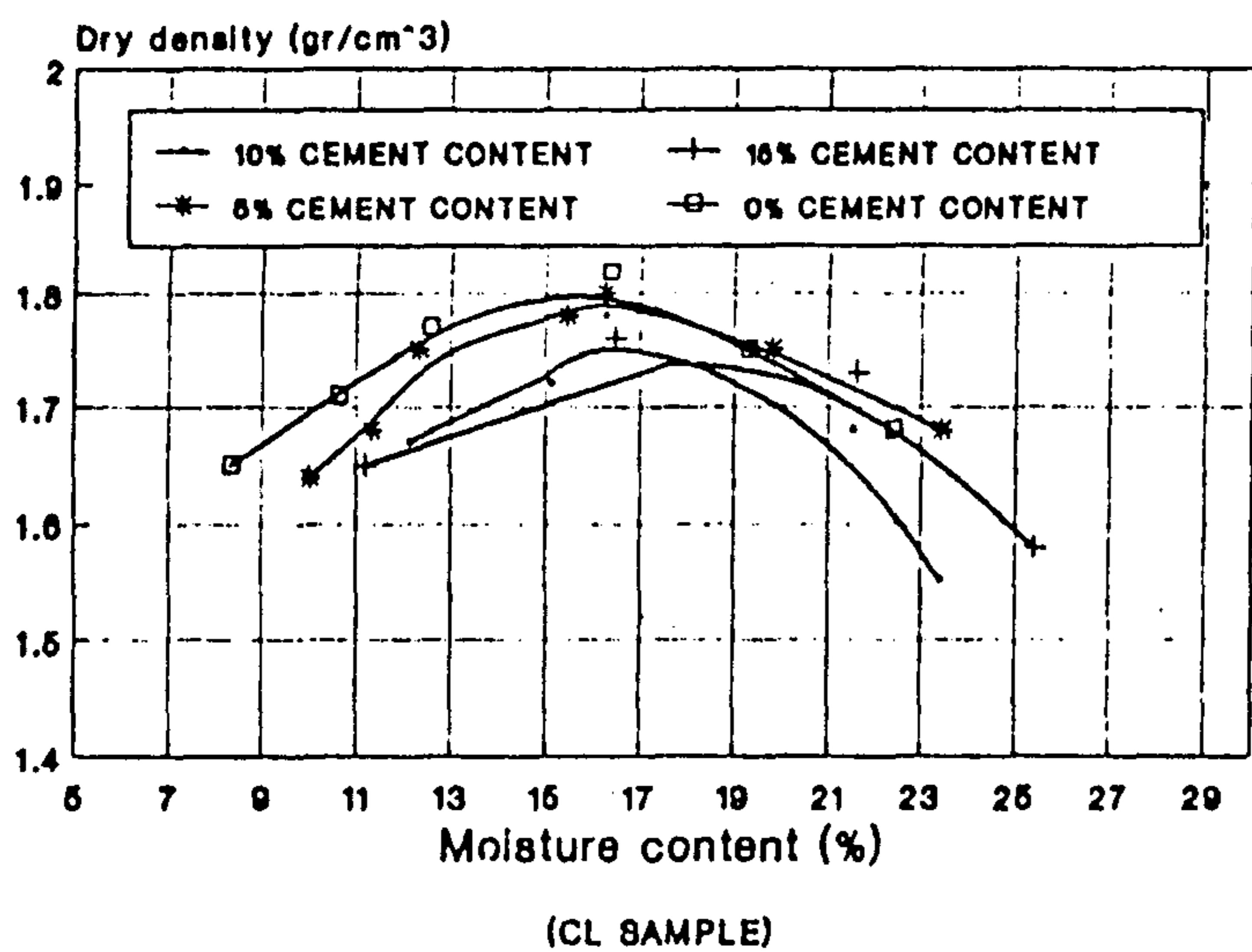


۳-۱ - میزان رطوبت و سیمان بهینه

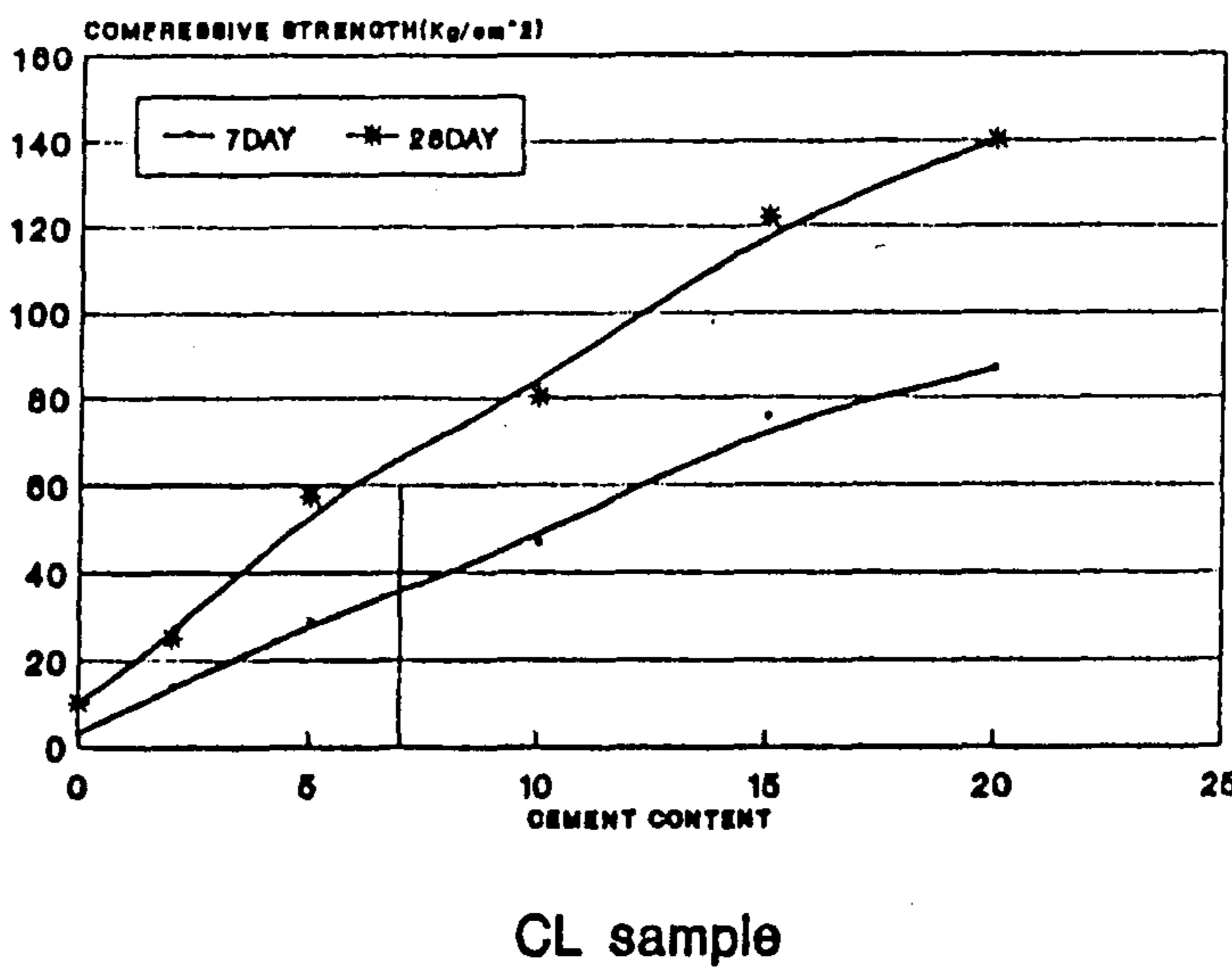
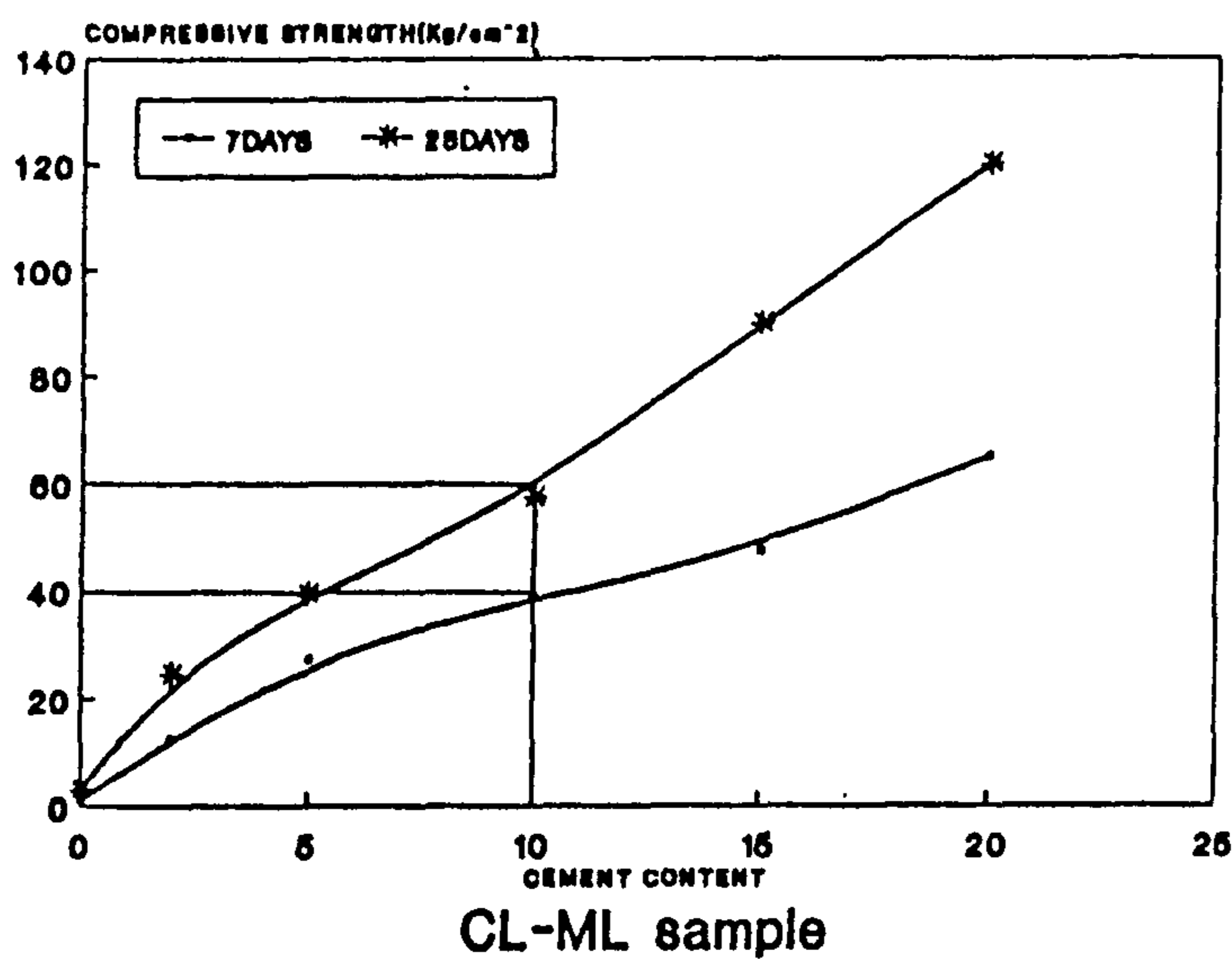
همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد، میزان رطوبت بهینه براساس آزمایش تراکم تعیین میگردد. این آزمایش بر روی نمونه های مورد بررسی با مقادیر مختلف سیمان انجام گردید که نتایج بدست آمده مطابق شکل شماره (۴) می باشد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه گردید که افزایش سیمان به خاک باعث افزایش درصد رطوبت بهینه مخلوط و کاهش دانسیته خشک ماکزیمم آن می شود.

همچنین برای تعیین درصد بهینه سیمان، آزمایشهای مقاومت فشاری و دوام مطابق آنچه که در بند (۲-۲) اشاره شد انجام گردید. شکل شماره (۵) نتایج آزمایش مقاومت فشاری را نشان می دهد. مطابق شکل مذکور درصد بهینه سیمان برای نمونه خاک CL،

CL-ML به ترتیب ۱۰ و ۷ درصد می باشد. جدولهای (۲ و ۳) مقادیر افت وزن خشک نمونه های مورد آزمایش در آزمایشهای استاندارد ذوب و یخبندان وتر و خشک شدن مکرر را نشان می دهند. همانطوریکه از جداول مذکور مشاهده می شود، میزان افت وزنی در تمامی موارد خیلی کمتر از مقدار افت مجاز (۸%) می باشد و این بدان معنی است که مقدار سیمان بدست آمده از معیار مقاومت فشاری، مقاومت لازم درمقابل سیکلهای ذوب و یخبندان و تر خشک شدن های مکرر را نیز تأمین می نماید. همچنین آزمایش تعیین مقاومت در برابر استغراق به ازای درصدهای مختلف سیمان بر روی نمونه های مورد بررسی انجام گرفت که نتایج حاصله در شکل شماره (۶) نشان داده شده است. همانطوریکه در این شکل مشاهده می شود درصد بهینه سیمان برای نمونه CL-ML معادل ۱۱% می باشد ولی



شکل ۴ - تاثیر سیمان بر مشخصات تراکمی مخلوطهای خاک سیمان



شکل ۵ - درصد بهینه سیمان بر اساس معیار مقاومت فشاری



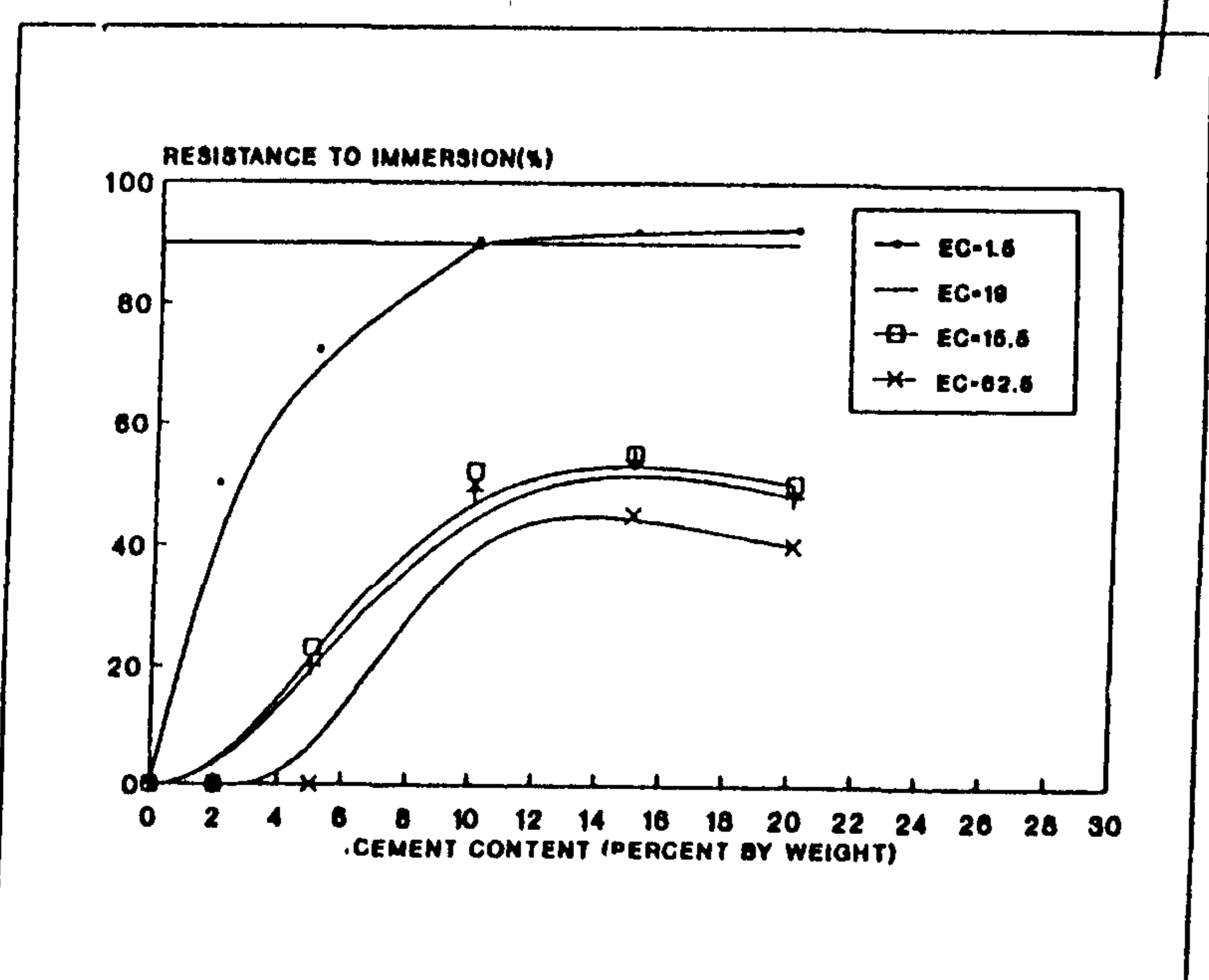
جدول ۲ - مقاومت افت وزن در آزمایش ذوب و یخبندان

درصدسیمان نوع خاک	۵	۷	۸	۱۰	۱۲
نمونه کرج		۰/۷		۰/۲	-
نمونه اشتهاد	۲/۳		۰/۴		۰/۱

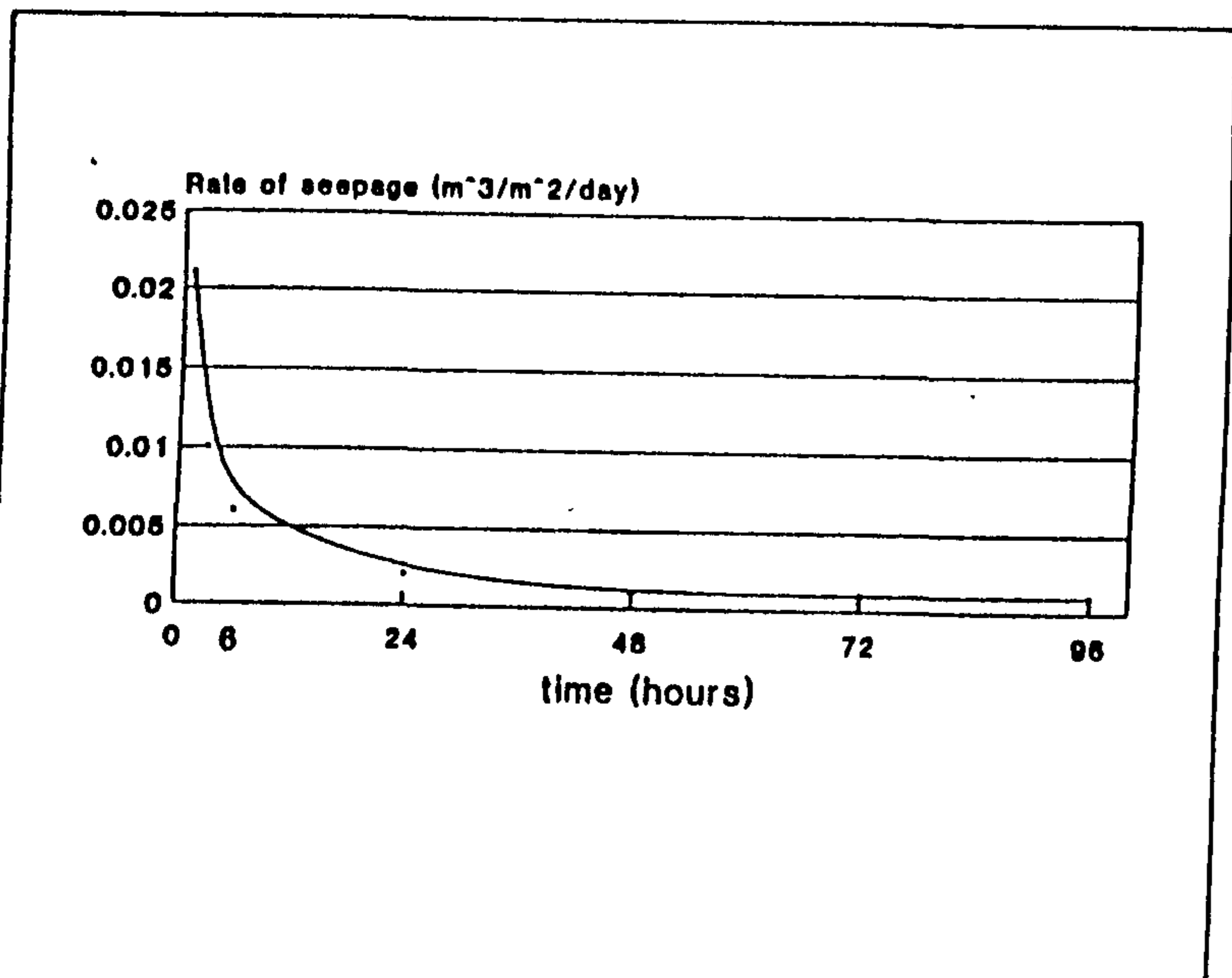
جدول ۳ - مقادیر افت وزن در آزمایش تر و خشک شدن

درصدسیمان نوع خاک	۵	۷	۸	۱۰	۱۲
نمونه کرج		۱/۰		۰/۵	صفر
نمونه اشتهاد	۱/۷		۱/۰		صفر

حدود ۱۰ روز به منظور تکمیل فرایند هیدراتاسیون سیمان ملات مورد استفاده در بندها پوشانده شد. پس از این مدت کانال به مدت یک ماه پراز آب نگهداری شد تا هر گونه فعل و انفعالات احتمالی روی دهد. سپس کانال خالی شده و فرصت کافی برای خشک شدن کانال و ایجاد ترک های احتمالی ناشی از انقباض داده شد. پس از این مرحله مجدداً کانال پر از آب گردید و میزان نشت نسبت به زمان اندازه گیری شد. شکل شماره (۷) تغییرات میزان نشت از کانال فوق را نسبت به زمان نشان می دهد. همانطوریکه از شکل مذکور مشاهده می شود، نفوذ پذیری کانال نسبت به زمان کاهش یافته و به یک حالت ثابت می رسد. در نهایت میزان نفوذپذیری کانال در حدود ۱/۵ لیتر در متر مربع در روز محاسبه گردید که در مقایسه با سایر روشهای پوشش و حتی پوشش های بتنی بسیار اندک می باشد. این موضوع با نتایج تحقیقات سایر محققین نیز مطابقت دارد. ابولخیر مقدار



شکل ۶ - درصد بهینه سیمان بر اساس معیار مقاومت در برابر استغراق



شکل ۷ - تغییرات میزان نشت از کانال پوشش شده با موزائیک خاک سیمان

نمونه CL معیار فوق را تأمین نموده است.

این موضوع به کیفیت شیمیائی و درجه شوری آن نسبت داده می شود. بدین مفهوم که نمونه هایی که حاوی درصد زیاد سولفات سایر آنیونها و کاتیونهای مضر هستند، خاک سیمان حاصل در اثر فعل و انفعالات شیمیائی عوامل یاد شده تخریب و نهایتاً در برابر استغراق در آب مقاومتی از خود نشان نمی دهند.

البته به منظور اطمینان از مطلب فوق، چند نمونه خاک با کیفیت شور و با میزان هدایت الکتریکی متفاوت انتخاب و مورد آزمایش مقاومت در برابر استغراق قرار گرفتند. مطابق شکل شماره (۶) نتایج بدست آمده مطلب یاد شده را به اثبات رساندند.

نهایتاً با تلفیق نتایج حاصله از کل آزمایشهای مقاومت فشاری و دوام، مقدار ۱۱٪ سیمان بعنوان درصد بهینه سیمان برای نمونه CL-ML تعیین و نمونه CL بعلت تأمین نکردن یکی از معیارهای ضروری از دور آزمایشها خارج گردید.

### ۳-۳- نفوذ پذیری کانال مفروش شده با موزائیک خاک سیمان

به منظور تعیین میزان نفوذپذیری کانال مفروش شده با موزائیک خاک سیمان، کانال ساخته شده با مشخصات مذکور در بند (۲-۴) با موزائیک های خاک سیمان پوشش داده شد و سطح کانال



تنش های خمشی وارده از طرف نیروهای خارجی را تحمل نمایند.

### ۳-۶- ضریب زبری کانال مفروش شده با موزائیک خاک سیمان

ضریب زبری کانال مذکور بطور مستقیم و با استفاده از رابطه مانینگ با معلوم بودن ابعاد کانال و مشخصات هیدرولیکی جریان تعیین گردید. مقدار این ضریب با انجام آزمایش با تکرارهای مناسب حدود  $0.13$  /  $0$  محاسبه گردید. این مقدار در مقایسه با ضریب زبری اکثر روشهای پوشش کم بوده و لذا قابلیت انتقال کانالهای مفروش شده با موزائیک خاک سیمان نیز بالا خواهد بود.

## نتایج و بحث

بر اساس مجموعه نتایج بدست آمده از کل آزمایشهای انجام

شده در این تحقیق نتیجه گیری و توصیه های زیر بعمل می آید.

۱- افزایش سیمان به خاک باعث بهبود و تقویت خواص مهندسی آن میگردد و برای هر خاکی با بافت معین یک مقدار سیمان به عنوان درصد سیمان بهینه که با آن درصد، مخلوط حاصل تمام معیارهای مورد نیاز جهت کاربرد بعنوان یک ماده ساختمانی را تأمین می نماید، قابل تعیین می باشد. این مقدار سیمان متناسب با کیفیت خاک از ۵ تا ۱۵ درصد متغیر می باشد. لذا با تعیین درصد سیمان بهینه برای یک نوع خاک می توان از مخلوط خاک سیمان حاصل برای اهداف تثبیت شیب خاکریزها، تثبیت پی ها، تثبیت قشر اساس و زیر اساس جاده ها و همچنین پوشش انهار و مخازن آبیاری استفاده نمود.

۲- شوری خاک یک عامل محدود کننده برای تثبیت با سیمان می باشد. لذا در طرح مخلوط خاک سیمان بایستی قبل از انجام هر نوع آزمایشی نمونه از نظر شیمیائی تجزیه شده و اثر شوری در مشخصات مکانیکی مخلوط خاک سیمان سخت شده مورد ارزیابی قرار گیرد.

۳- بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق افزایش ۵ درصد سیمان به خاک میزان نفوذپذیری آنرا به  $0.1$  /  $0$  تقلیل داده و مخلوط حاصل حتی در برابر اعمال تنش های برشی بیشتر از تنش های متعارف انواع پوشش، مقاوم به فرسایش می باشد. این موضوع به ویژه در پوشش کانال های آبیاری حائز اهمیت می باشد.

۴- بر اساس نتایج آزمایشهای انجام شده، مشخص گردید که مخلوطهای خاک سیمان حتی با مقدار سیمان کمتر از درصد بهینه در برابر ذوب و یخبندان و تر و خشک شدن های مکرر از مقاومت

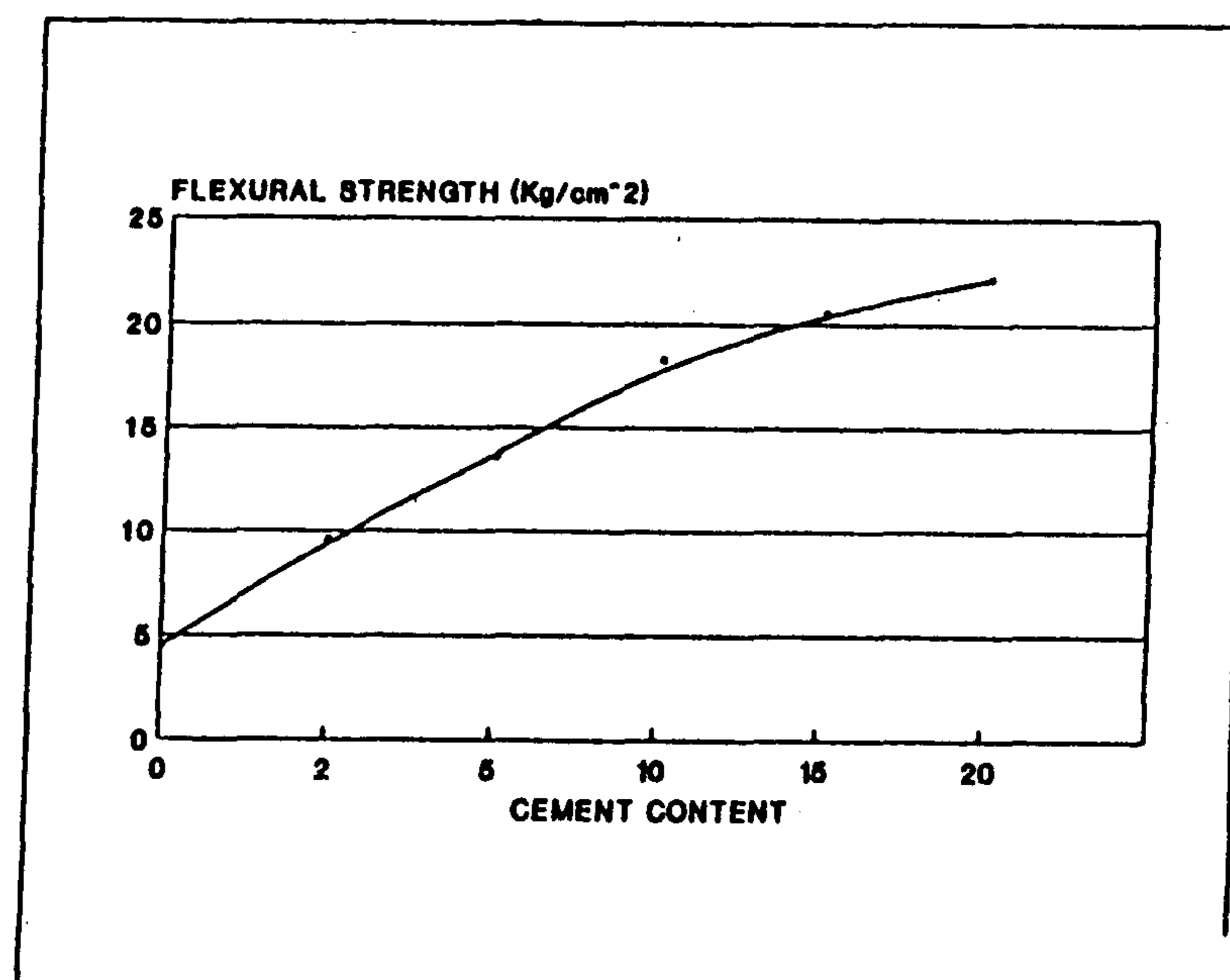
نفوذپذیری خاک سیمان را برای یک خاک لوم رسی با ۹ درصد سیمان، حدود ۲ لیتر در متر مربع در روز گزارش کرده است (۵).

### ۳-۴- فرسایش پذیری

آزمایش تعیین میزان فرسایش پذیری پوشش کانال که بر اساس جمع آوری و اندازه گیری وزن ذرات فرسایش یافته استوار بود بدین ترتیب انجام گرفت که آب به مدت ۴۰ روز و با دبی ۳۰ لیتر در ثانیه در کانال جریان داده شده و در پایان این مدت ملاحظه گردید که مقدار ذرات رسوب یافته در حوضچه انتهای کانال بسیار اندک و تقریباً نزدیک به صفر است که البته این موضوع یعنی عدم ایجاد فرسایش در سطح کانال به صورت مشاهده ای نیز قابل رؤیت بود. این در حالی است که شیب طولی کانال ساخته شده خیلی بیشتر از شیب معمول در کانالهای آبیاری می باشد، لذا با اطمینان می توان گفت که کانالهای پوشش شده با موزائیک خاک سیمان حتی در شیبهای زیاد (تنش های برشی زیاد) هم مقاوم به فرسایش می باشند (۱ و ۲). لذا در طرح هیدرولیکی کانالها می توان از روش حداکثر سرعت مجاز استفاده نمود.

### ۳-۵- نتایج آزمایش مقاومت خمشی

مقاومت خمشی موزائیکهای خاک سیمان با مقادیر مختلف سیمان مطابق آنچه که قبلاً اشاره شده است تعیین گردید. شکل شماره (۸) نتایج حاصله از آزمایش فوق را نشان می دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه میگردد که موزائیکهای خاک سیمان حتی با مقادیر سیمان کمتر از سیمان بهینه، از مقاومت خمشی نسبتاً خوبی برخوردار می باشند و براحتی در طول دوره بهره برداری می توانند



شکل ۸ - مقاومت خمشی موزائیکهای خاک سیمان



ماشین آلات جهت تراکم نمودن مخلوط خاک سیمان در محل مشکل و یا غیر ممکن باشد می توان از قطعات پیش ساخته آن برای پوشش کانالها استفاده نمود.

با عنایت به موارد یاد شده استفاده از موزائیک خاک سیمان میتواند بعنوان یک گزینه مناسب برای پوشش کانالهای آبیاری مطرح شود. بدیهی است که استفاده از این روش نیز مثل سایر روشهای متداول باید بر اساس شرایط و امکانات موجود و جنبه های اقتصادی و اجتماعی و فنی پروژه صورت گیرد.

بسیار خوبی برخوردار می باشند. لذا انتظار می رود که مخلوط های سیمان پذیرفته شده بر اساس استانداردهای مربوطه (بویژه استانداردهای ذوب و یخبندان و تر و خشک شدن) از عمر کافی (۱۰ تا ۱۵ سال) برخوردار باشند.

۵- نتایج رضایتبخش آزمایشهای تعیین میزان نفوذپذیری و فرسایش پذیری کانال مفروش شده با موزائیکهای پیش ساخته خاک سیمان نشان دادند که این ماده تمام معیارهای مورد نیاز جهت پوشش کانالهای آبیاری را به نحو مطلوبی تامین می کند. لذا در مواردیکه استفاده از

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

- ۱- رحیمی، ح. و عباسی، ن. ۱۳۷۴. «استفاده از موزائیک خاک سیمان برای پوشش کانالهای آبیاری». مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- ۲- رحیمی، ح. و خیراندیش، خ. و عباسی، ن. ۱۳۷۴. «بررسی پایداری بلانکت و بلوکهای خاک سیمان در برابر امواج». مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- 3- FAO, 1977. "Irrigation canal lining", Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
- 4- USBR, "Soil-cement slope protection" Department of the Interior, U. S. Bureau of Reclamation, Design Standards Embankment Dams Chapter 17.
- 5- Khair, A. 1988 "Soil-cement tiles for lining small canals" Ph.D. Thesis, University of Newcastle Upon Tyne, UK.
- 6- ACI, 1990. "State - of - the - Aet Report on soil-cement" ACI. Materials Journal, July-August.



## Physical and Mechanical Characteristic of Soil - Cement Tiles as Canal Lining

H. RAHIMI AND N. ABBASSI

professor College of Agriculture , University of Tehran Iran and Research Asistant,  
Technic Agri.Eng.Res.Inis. Karaj .Iran

Accepted 17. June 1998

### SUMMARY

Several materials such as rigid, flexible, soil sealants and stabilizers, have been used for irrigation canal linings, each having its different advantages and disadvantages. In this research, physical and mechanical properties of soil-cement tiles for canal lining have been investigated. For this purpose, several proportions of soil mixed with different percentages of Portland cement have been made and shaped in the form of tiles, using a hydraulic compression machine. The tiles were pressed to achieve the maximum dry density, with a final size of 30 x 20 x 5 cm. The durability, as well as mechanical properties of the material were checked according to ASTM standards, those tiles which passed the tests were used for further investigation as canal lining. A laboratory trapezoidal canal section with a length of 10 m, bottom width of 20 cm, side slope of 1:1.5 and longitudinal slope of 0.5% having a discharge capacity of 30 lit./sec. was constructed and lined by soil - cement tiles. The rate of seepage through the lining and its erosion were measured after 240 hours of flow in the canal. The final results showed that the seepage rate was as low as 0.0015 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day, showing no indication of erodibility. The overall results of the research proved the possibility of making and using soil-cement tiles as canal lining and its excellent behaviour against water flow. Finally, it was concluded that soil - cement tiles can be used as a cheap canal lining, where the good quality coarse grained materials are not available.

**Keywords:** Soil , Cement & Canal Lining