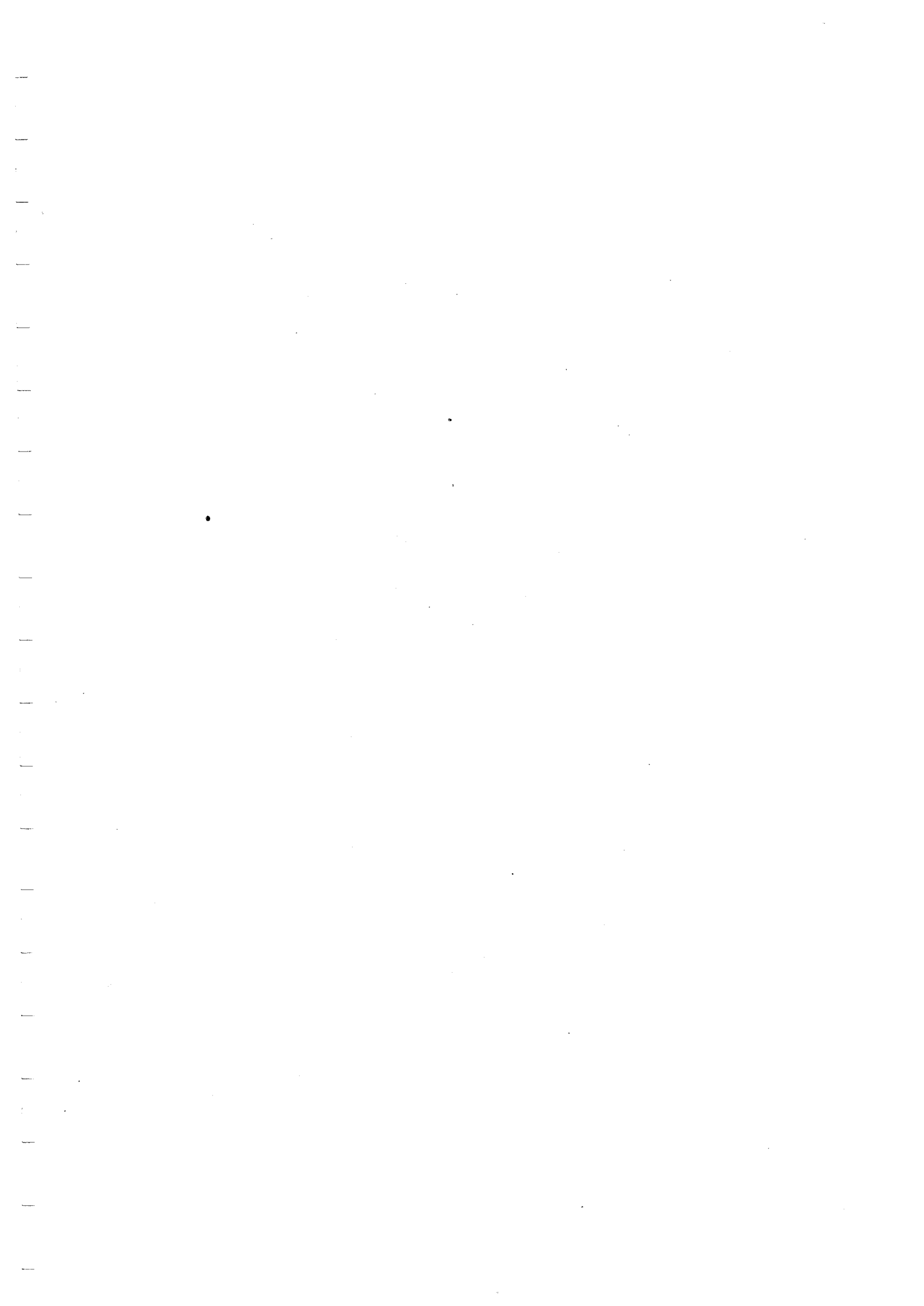


شماره پانزدهم

مقام قلم

دستور العمل طرح و فعالیت جدید و اجرای رویه‌های پستی در

قره‌داغها



«نشریه شماره ۷ دفتر تحقیقات و استانداردهای فنی سازمان برنامه دربارۀ  
«طرح و محاسبه و اجرای رویه های بتنی در سطوح وسیع نظیر فرودگاهها دردیماه»  
«۳۵» منتشر گردید و بصورت دستورالعمل فنی در اختیار مهندسین مشاور و  
«دستگاههای اجرایی ذیربط قرار داده شد. در این نشریه نکات لازم برای طرح»  
«و اجرای رویه های بتنی توضیح داده شد.»

«از آنجا که در دستورالعمل مذکور آزمایشاتی پیش بینی گردیده است»  
«که انجام آنها مستلزم وجود طبقه ها و روشهای استاندارد شده ای میباشد ش»  
«این گونه استانداردها و روش کاربرد هر یک به تهیه ضوابط فنی موقوف»  
«گردید و اینک ضوابط فنی مربوط آماده شده و در اختیار دستگاههای اجرایی»  
«مهندسین مشاور ذیربط و مالکین قرار میگردد.»

«ضوابط فنی تهیه شده در این نشریه شامل آزمایشهای مربوط به مکانیک»  
«مخاک و آزمایشهای مربوط به بتن میباشد که گرچه هدف اصلی از تهیه آنها»  
«ارائه طریقه آزمایشهای مربوط به طرح و اجرای رویه های بتنی است لکن هر»  
«کدام میتواند در موارد مشابه نیز بطور مستقل مورد استفاده قرار گیرد.»  
«لازم میدانم مجدداً از اعضای کمیسیون تهیه دستورالعمل و بویژه از»  
«آقای رضا ایمانی راد (آزمایشگاه خاکشناسی اینترکان) و آقای مهدی قالیبافیان»  
«(مؤسسه مهندسین مشاوران) که با تهیه این ضوابط فنی همکاریهای»  
«ارزنده ای مبذول داشته اند قدردانی و تشکر نمایم.»

دفتر تحقیقات و استانداردهای فنی



## فهرست

طرز آماده نمودن نمونه خاک	ضمیمه شماره (۱)
آزمایش الك و آزمایش ستوسط در محلول	(۲) » »
آزمایش حد خمیری و حد روانی	(۳) » »
آزمایش تراکم	(۴) » »
آزمایش صفحه برای تعیین رقم K	(۵) » »
آزمایش CBR	(۶) » »
روش کنترل تراکم در کارگاه	(۷) » »
آزمایش مارشال	(۸) » »
طرز تهیه و پخش قشر اساس اسفالتی	(۹) » »
مشخصات زیر اساس خاک و سیمان	(۱۰) » »
آزمایش تراك خوردن سیمان	(۱۱) » »
آزمایش سایش با ماشین لوس آفجلس	(۱۲) » »
آزمایش تحلیل رفتن با سولفات سدیم	(۱۳) » »
آزمایش برزیلی برای تعیین مقاومت کششی	(۱۴) » »
آزمایش هم‌انزماشه	(۱۵) » »
آزمایش آبرام	(۱۶) » »
اصول کلی تهیه فرمول کارگاهی اختلاط	(۱۷) » »
آزمایش تاب فشاری بتن	(۱۸) » »
آزمایش منحنی بتن	(۱۹) » »
آزمایش یخ‌بندان بتن	(۲۰) » »



ضمیمہ شماره ۱۵





۴- آزمایشهای فیزیکی : آزمایشهای فیزیکی تعیین حد روانی - حد خمیری - معادل رطوبت بطریقی سانتیفرز - معادل رطوبت محل نمونه گیری Field Moisture Equivalent و آزمایش اندازه گیری ضریب انقباض حجمی است . برای انجام آزمایشهای فیزیکی جمعاً ۳۰۰ گرم از نمونه ای که از الک شماره ۴۰ ( ۴۳۰ میکرون ) عبور کرده باشد لازم است .

۵- آزمایش تراکم : برای آزمایش تراکم بروش آشوی اصلاح شده حدود ۸۰۰۰ گرم از نمونه آماده شده و برای آزمایش تراکم بروش استاندارد حدود ۳۰۰۰ گرم لازم است .  
۶- وسایل لازم برای آماده کردن نمونه

برای آماده کردن نمونه دست خورده وسایل ساده زیر مورد احتیاج است .

۶-۱- ترازو با حساسیت ۰/۱ گرم

۶-۲- وسایل خشک کردن نمونه : دستگاه خشک کردن که قادر باشد حرارت غیر مستقیم بنمونه دهد مانند کوره های برقی - گازی - نفتی - لاسپ ماوراء قرمز ویا وسایل خشک کردن دیگر .

۶-۳- الک های استاندارد - الک لازم برای اینکار اغلب عبارت است از سه الک بشماره های

۴۰، ۶۰، ۱۰۰

۶-۴- وسایل نرم کردن و جدا کردن ذرات از یکدیگر : این وسایل باید قادر باشد ذرات را از یکدیگر جدا کند بدون آنکه آنها را شکسته و یا از اندازه طبیعی کوچکتر نماید مانند هاون و دسته لاستیکی ویا وسیله مکانیکی دوار ( که پره ویا وسیله دوار آن پوشش لاستیکی داشته و توسط نیروی الکتریکی و یا مکانیکی بگردش درآید) .

۶-۵- نمونه گیر : گرفتن نمونه از هر خاکی باید بطریقه چهار قسمتی باشد و برای اینکار از دستگاه تقسیم کننده نمونه که بصورت خانه های جدا شده از هم و یا بصورت تیغه های مجزا کننده از هم است استفاده میشود . در مواردی نیز از یک خط کش فلزی و یک صفحه فلزی یا چوبی و یا حتی یک قطعه پارچه برزنتی استفاده میگردد .

#### ۷- نکات اصلی در آماده کردن مصالح مورد آزمایش

۷-۱- مصالح رسیده از کارگاه یا محل نمونه گیری شده را بایستی ابتدا در هوای آزاد و آفتاب پخش کرد و در هوای معمولی کاملاً هوا داده و تا حد ممکن در هوای طبیعی خشک کرد . اگر امکان خشک کردن نمونه در هوای آزاد و یا آفتاب نباشد میتوان نمونه را قبلاً در دستگاه خشک کن که حرارت آن از ۶۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند خشک کرد . باید توجه داشت که حرارت دادن مستقیم نمونه ممکن است مشخصات خاک را از نظر شیمیائی و حتی فیزیکی و مکانیکی تغییر داده و نتایج بدست آمده را غیر قابل اعتماد نماید .  
پس از آنکه نمونه در آفتاب یا هوای آزاد و یا دستگاه خشک کننده خشک شد باید آنرا

## طریق آماده نمودن نمونه خاک

### ۱- کاربرد

آماده کردن نمونه خاک دست خورده برای آزمایشهای دانه بندی (الک - مکانیکی و یا سقوط در محلول) - تعیین حدهای خمیری و چسبندگی - اندازه گیری ضریب انقباض - تغییر حجم و آزمایش تراکم لازم است.

### ۲- مقدار نمونه لازم

حداقل مقدار نمونه خاک برای انجام هر آزمایش بشرح زیر است.

برای نمونه خاکی که درشتترین ذره آن از الک شماره ۸ عبور کند (ریزتراز ۲۳۸ میکرون باشد) ۱۰۰ گرم

برای نمونه خاکی که حدود ۹۰٪ نمونه از الک شماره ۴ عبور کند (ریزتراز ۴۷۶ میکرون باشد) ۵۰۰ گرم

برای نمونه خاکی که اندازه درشتترین ذرات آن  $\frac{3}{8}$  اینچ باشد (۹/۵ میلیمتر) ۱۰۰۰ گرم

برای نمونه خاکی که اندازه درشتترین ذرات آن  $\frac{1}{2}$  اینچ باشد (۱۲/۷ میلیمتر) ۲۰۰۰ گرم

برای نمونه خاکی که اندازه درشتترین ذرات آن  $\frac{3}{4}$  اینچ باشد (۱۹/۱ میلیمتری) ۵۰۰۰ گرم

برای نمونه خاکی که اندازه درشتترین ذرات آن ۱ اینچ باشد (۲۵/۴ میلیمتر) ۱۰۰۰۰ گرم

برای نمونه خاکی که اندازه درشتترین ذرات آن ۲ اینچ باشد (۵۰/۸ میلیمتر) ۲۰۰۰۰ گرم

برای نمونه خاکی که اندازه درشتترین ذرات آن ۳ اینچ باشد (۷۶/۲ میلیمتر) ۳۰۰۰۰ گرم

۳- آزمایش مکانیکی (سقوط در محلول): این آزمایش بر روی جزئی از خاک بعمل میآید که از الک شماره ۱۰ عبور میکند و مقدار لازم برای نمونه ماسه ای ۱۱۵ گرم و برای نمونه ریز دانه و رسی ۶۵ گرم است.

توسط وسایل نرم کننده و جدا کننده تا حد ممکن از یکدیگر جدا کرده و ذرات آنرا از یکدیگر تفکیک و تا جائیکه ممکن است نرم کرد.

۲ - ۷ پس از خشک کردن و نرم کردن نمونه باید مقدار لازم را بکمک دستگاه تقسیم کننده نمونه و یا توسط خط کش بر روی یک قطعه برزنت و یا حتی بر روی میز کار بروش چهار قسمتی تقسیم کرد و مقدار نمونه لازم برای هر آزمایش را مستحضرآ باین روش جدا نمود.

۳ - ۷ اگر دو برابر نمونه لازم برای هر آزمایش برداشته شود امکان تجدید آزمایش بر روی دو نمونه مستقل و معرف فراهم خواهد شد.

۴ - ۷ برای آزمایش الک باید از نمونه خشک شده و نرم شده که بروش چهار قسمتی مقدار لازم آن انتخاب گردیده است استفاده کرد.

۵ - ۷ برای آزمایش مکانیکی (ستوط در محلول) مقداری از نمونه که قبلاً خشک و نرم شده و بطریق چهار قسمتی تقسیم گردیده است از الک شماره ۱ عبور داده خواهد شد، با این ترتیب نمونه بدو جزء تقسیم میشود، جزئی از نمونه که بر روی الک شماره ۱ باقی مانده، باید توسط دستگاه و یا وسیله نرم کننده و تفکیک کننده از یکدیگر جدا شود بطوری که نمونه هیچ حالت کلوخته‌ای نداشته باشد، مجدداً باید این جزء نرم شده را با همان الک شماره ۱ الک نمود. دو برابر مقدار لازم برای این آزمایش باید از جزء عبور کرده از الک انتخاب گردد. الک شماره ۱ بشرطی که وزن اولیه نمونه چهار قسمتی معلوم باشد میتواند برای آزمایش دانه بندی درشت دانه بکار رود.

۶ - ۷ برای آزمایشهای حدروانی وحد خمیری وتعیین ضریب انقباض حجمی - قسمتی از نمونه که از الک شماره ۱ عبور کرده است باید با عبور از الک شماره ۴ بدو جزء مجزا تقسیم گردد. جزئی که روی الک شماره ۴ باقیمانده بکمک هاون و دسته سر لاستیکی کاملاً سائیده شود تا تمام ذرات بدون شکستن و دونیم شدن از یکدیگر جدا شده و ذرات بهم چسبیده در آن وجود نداشته باشد.

۷ - ۷ چنانچه در نمونه قطعات تردوشکننده (مانند قطعات نازک و پهن میکا و یا بعضی انواع وارد گوش ماهی) وجود داشته باشد عمل سائیدن باید با دقت هر چه بیشتر انجام گیرد و با آوردن فشار آرام و مناسبی بدون شکستن این قطعات ذرات بهم چسبیده از هم جدا شود. ۸ - ۷ مصالحی که روی الک شماره ۴ باقی مانده و باید سائیده شود مخصوصاً اگر دارای ذرات شکننده و ترد باشد باید بمقادیر خیلی کم اختیار گردد و تعداد دفعات سائیدن در هاون یا دستگاه مکانیکی افزایش یابد. نمونه های سائیده شده و تفکیک شده را یکبار دیگر باید از الک شماره ۴ عبور داد و مصالح عبور کرده از الک شماره ۴ را چندین بار مخلوط کرده مجدداً بطریقی چهار قسمتی مقادیر لازم برای هر آزمایش را برداشت نمود و جزء باقیمانده روی الک شماره ۴ را بدور ریخت.

## ۸ - آزمایش تراکم

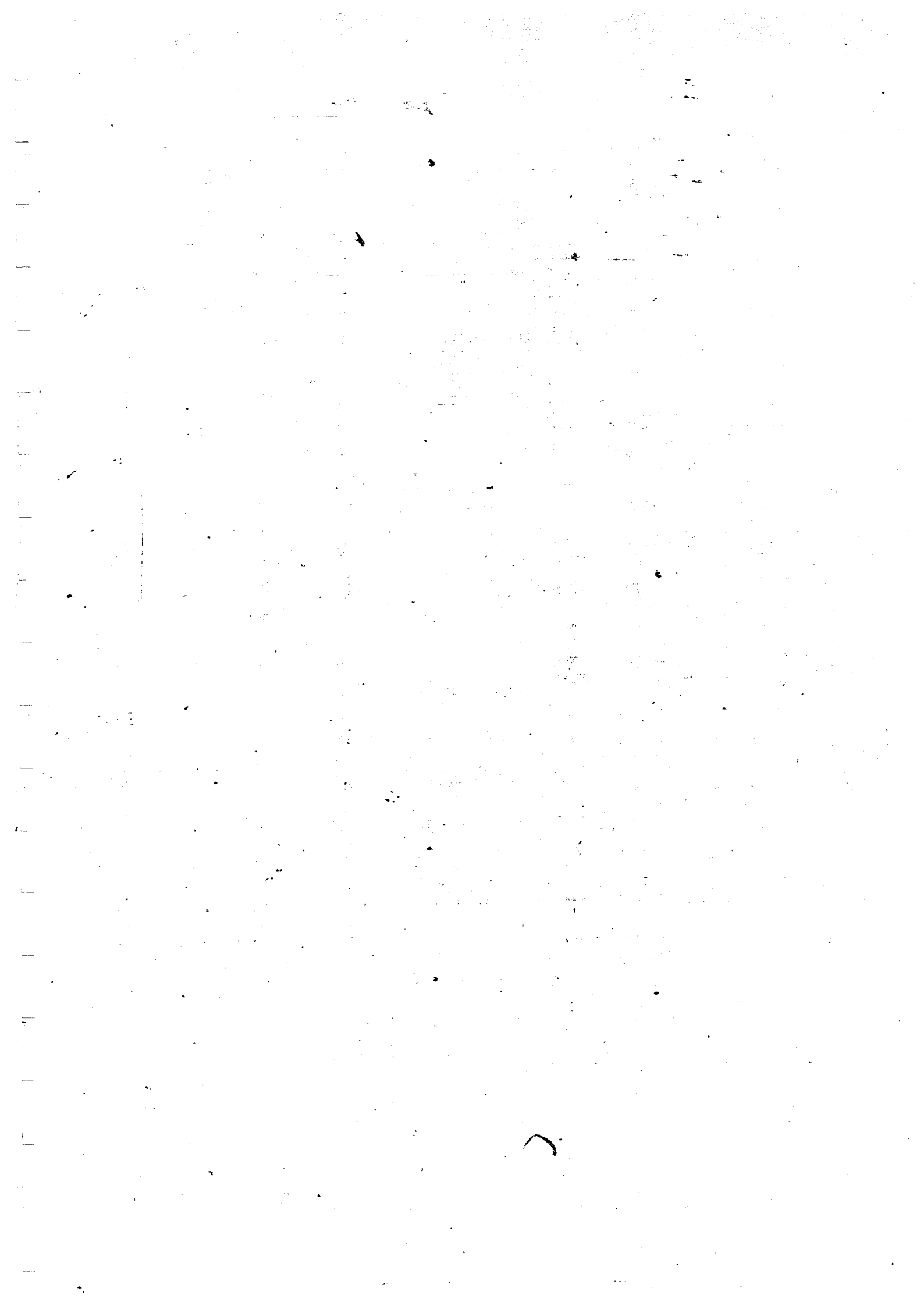
۸ - ۱ برای آزمایش تراکم استاندارد

در آزمایش تراکم بروش استاندارد نمونه در سه لایه ، هر لایه با ۳۰ ضربه و با چکشی به وزن ۵/۵ پوند از ارتفاع ۲ اینچ سقوط آزاد در قالبی به قطر داخلی ۴ اینچ کوبیده میشود در اینصورت باید نمونه خاک را که قبلا خشک شده از الک شماره ۴ عبور داده و جزء باقیمانده روی الک شماره ۴ را بکسک چکش لاستیکی یا هاونی که دسته آن پوشش لاستیکی دارد و یا با دستگاه مکانیکی سائید تا ذرات آن کاملا از یکدیگر تفکیک شوند بدون آنکه بدو نیمه شده و بشکنند ، این نمونه سائیده شده را باید مجددا از الک شماره ۴ عبور داده و جزء عبور کرده را با جزء عبور کرده قبلی کاملا مخلوط کرده و بروش چهار قسمتی مقدار لازم را انتخاب کرد - جزء باقیمانده روی الک شماره ۴ را در مرتبه دوم باید بدور ریخت .

۸ - ۲ برای آزمایش تراکم بطریقه آشوی اصلاح شده

در این آزمایش ۵ لایه هر لایه با ۵۰ ضربه و با چکش ۱۰ پوندی که از ارتفاع ۶ اینچ سقوط آزاد در قالبی به قطر داخلی ۴ اینچ کوبیده میشود ، قبلا نمونه را در هوای آزاد کاملا خشک کرده و بکسک چکش لاستیکی یا هاونی که دسته آن پوشش لاستیکی سخت داشته باشد و یا دستگاه مکانیکی باید سائید تا ذرات آن بدون شکستن کاملا از یکدیگر تفکیک گردد و پس از عبور از الک  $\frac{2}{3}$  اینچ مقدار نمونه لازم را بطریق چهار قسمتی از مصالح عبور کرده در زیر الک شماره  $\frac{2}{3}$  باید برداشت .

ضیوعہ کی تاریخ



## آزمایش الکک و آزمایش سقوط در محلول (شاید رومتری)

هدف از انجام این آزمایش تعیین توزیع اندازه و درشتی ذرات خاک و بدست آوردن نسبت درصد وزنی ذرات بیکدیگر میباشد. تعیین اندازه هر ذره و هردانه خاک ممکن نیست و تعیین اندازه بر روی گروه دانه نائیکه بطور متوسط هم اندازه هستند صورت میگیرد.

آزمایش از دو قسمت کاملاً متمایز تشکیل شده است، آزمایش الکک برای خاکهای شنی و ماسه‌ای و آزمایش سقوط در محلول برای خاکهای رسی ولای.

در آزمایش الکک وسایل مورد نیاز یک سری کامل الک‌های چشمه درشت و چشمه ریز، دستگاه ارتعاش دهنده یا حرکت دهنده الکها و بالاخره ترازو و خشک کن می باشد.

الکها بترتیب از درشت چشمه به ریز چشمه از بالا بیابین قرار میگیرند و اساس آزمایش بر این اصل است که مقدار ذرات عبور کرده از یک الک و باقیمانده روی الک بعدی توزین شده و معلوم گردد و از آنجا با توجه بوزن اولیه خاک نسبت درصد باقیمانده روی الک بدست آید. بدیهی است مقداری از نمونه که بر روی یک الک باقیمانده است از تعداد زیادی

ذرات با اندازه‌های مختلف تشکیل شده که همگی کوچکتر از اندازه چشمه الکی است که از آن عبور کرده و درشت‌تر از اندازه چشمه الکی است که بر روی آن باقیمانده‌اند (ذراتی که از نظر قطر مؤثر هم اندازه هستند)

الکها که از ایفای فلزی بصورت بسافته شده و چشمه‌های مربعی شکل

تشکیل شده‌اند از الک E اینچ (اندازه چشمه  $1.01/4$  میلیمتر) تا الک شماره ۴۰۰

(اندازه چشمه  $0.37/1$  میلیمتر) وجود دارد، الکها معمولاً در سه اندازه ۸ - ۱۴ و ۱۸ اینچ

( $20/3 - 20/48 - 40/74$  سانتیمتر) یافت میشوند، در عمل و در آزمایش ریزترین الکی

که بکار میرود الک شماره ۲۰۰ (با چشمه‌ای برابر  $0.74/1$  میلیمتر) میباشد. آنک شماره

۲۰۰ از نظر اندازه چشمه‌ها تقریباً کوچکترین باقی است که اجازه میدهد آب به آزادی از

چشمه‌های چنین الکی عبور کند.

از آنجائیکه متفاوت خاک بهنگام عبور از چشمه‌های الک بیشتر از آب

میباشد، عبور ذرات ریزتر از الک شماره ۲۰۰ جنبه عملی و دقت و صحت خود را از دست

میدهد، معهداً باید یادآوری کرد که هواپیمائی فدرال آمریکا F.A.A در رابطه بندی خاکها

الک شماره ۲۷۰ (اندازه چشمه  $0.53/1$  میلیمتر) را نیز بکار برده است.

بهر حال بدلیل بالا و بدلیل آنکه ذرات خیلی ریزخاک در موقع آزمایش باید کاملاً از یکدیگر تفکیک شده باشند توزیع ذرات ریزتر از الکه شماره ۲۰۰ معمولاً بکمک آزمایش سقوط در محلول تعیین میشود زیرا این ذرات بعلت نیروی کشش سطحی در موقع عبور از الکه یکدیگر چسبیده می‌شوند.

اطلاعات بدست آمده از آزمایش الکه و آزمایش سقوط در محلول را بصورت منحنی توزیع اندازه ذرات خاک یا منحنی دانه بندی خاک نمایش میدهند و چون منحنی نمایش ذرات مختلف خاک مخصوصاً خاکهای ریز دانه از ۲ میلیمتر تا ۰.۰۷۴ میلیمتر (الکه بندی شماره ۱ تا ۲۰۰) فاصله زیادی و مقیاس وسیعی برای نشان دادن هر اندازه ذرات خاک لازم دارد لذا اندازه ذرات خاک را روی مقیاس لگاریتمی بر روی محور طولها نمایش میدهند.

از طرف دیگر در نمایش منحنی دانه بندی برای سهولت در تجسم نسبت اندازه ذرات و سهولت در محاسبه، پاره‌ای از خواص مکانیکی و فیزیکی خاک در صد عبور کرده از هر الکه را که گاهی اوقات در صد ریزتر از الکه مورد نظر نیز گفته میشود روی محور عرضها نمایش میدهند. از منحنی دانه بندی اندازه ذراتی مانند  $D_{10}$ ،  $D_{85}$  و  $D_{50}$  را میتوان بصورت تعیین کرد، مقصود از  $D$  قطر مؤثر ذرات خاک و اعداد مشخص شده در صد ریزتر از آن قطر هستند مثلاً  $D_{10}$  یعنی ۱۰٪ از این خاک قطری ریزتر از چند میلیمتر (یا چه الکی) دارند و باید روی منحنی دانه بندی در محور طولها عدد ۱۰٪ را ادامه داد تا منحنی دانه بندی را قطع نماید و از آنجا روی محور طولها اندازه قطر مؤثر این ذرات بدست می‌آید.

بکمک منحنی دانه بندی میتوان  $C_u$  ضریب یکنواختی توزیع Coefficient of uniformity

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ بدست آورد.}$$

در این رابطه اگر  $C_u$  رقم بزرگی باشد اندازه‌های  $D_{10}$  و  $D_{60}$  فاصله زیادی از یکدیگر دارد و بر عکس کوچکی این ضریب نشان نزدیک بودن اندازه ذرات یکدیگر و در نهایت هم اندازه بودن ذرات خاک است.

در مواقعی که فاصله بین  $D_{10}$  و  $D_{60}$  خیلی زیاد باشد از ضریب دیگری بنام تنوع منحنی دانه بندی و یا Coefficient of Concavity استفاده میکنند. این ضریب از رابطه

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

بدست می‌آید.

یادآوری می‌گردد که با آزمایش الکه و از روی منحنی دانه بندی نمیتوان شکل ذرات خاک را بدست آورد و عبارت دیگر نمیتوان تعیین کرد آیا ذرات نمونه آزمایش شده کروی شکل - بی شکل - حجیم - پولکی - زاویه دار و یا ... وزنی شکل است.



در آزمایش سقوط در محلول در حقیقت از قانون سرعت سقوط آزاد ذرات کروی شکل در یک مایع استفاده میشود.

این قانون اولین بار در سال ۱۸۵۰ توسط فیزیکدان انگلیسی استاکس « Stokes » بیان شده و بنام قانون استاکس معروف است، در این قانون با در دست داشتن قطر ذرات کروی شکل - وزن مخصوص ذرات و مایع و غلظت مایع میتوان سرعت سقوط ذرات را بدست آورد. که چون قطر ذرات کروی شکل در این آزمایش مورد نظر است رابطه استاکس بصورت زیر در میآید.

$$D = \sqrt{\frac{18 N.V}{\gamma_p - \gamma_w}}$$

که در آن

D قطر ذرات کروی شکل بر حسب سانتیمتر

N غلظت مطلق مایع بر حسب دین در ثانیه بر سانتیمتر مربع

V سرعت سقوط آزاد ذرات در محلول بر حسب سانتیمتر بر ثانیه

$\gamma_p$  وزن مخصوص ذرات کروی شکل

$\gamma_w$  وزن مخصوص آب است

در رابطه فوق D قطر ذرات خاک دارای حدودی بین ۲ تا ۰.۰۰۲ میلیمتر است زیرا ذرات درشتتر باعث بهم خوردن شدید مایع شده و ذرات ویزتر نیز تحت تأثیر حرکات ذرات ریز و ایجاد بار الکتریکی سطحی نیروی کشش و دفع ذرات واقع میشوند. در رابطه فوق V سرعت سقوط با دستگاه هایدرومتر است که وسیله ای است که در اصل وزن مخصوص ذرات با آن اندازه گیری میشود و با تغییر و اصلاح درجات آن سرعت سقوط ذرات در محلول اندازه گیری میگردد.

هایدرومترها بر چند نوع هستند و دو نوع آنها معروفتر از سایر انواع است، نوع اول مستقیماً وزن ذرات خاک با وزن مخصوص برابر ۲/۶۵ را در یک لیتر محلول را میخواند (تیب 125H استاندارد آمریکائی ASTM) و نوع دیگر وزن مخصوص مخلوط آب و ذرات خاک را تعیین میکند. (تیب 152H استاندارد آمریکائی ASTM). نوع اول از نظر محاسبه تسهیلات فراوانی بوجود میآورد ولی نوع دوم دقیق تر می باشد.

وزن مخصوص آب در جد اولی بر حسب درجه حرارت ثبت شده است بنابراین باید درجه حرارت را در لحظه آزمایش بدست آورد و سپس وزن مخصوص آبرای تعیین کرد.

چون ذرات ریز خاک مخصوصاً در محیط آبی دارای بار الکتریکی مثبت و منفی است و یکدیگر را جذب می کنند و در نتیجه تشکیل ذرات درشتی داده ویزودی سقوط میکنند باید با افزودن مقداری منافسفات سدیم (شکلا منافسفات) و یا سیلیکات سدیم (Matr Class) از آن مقدار دودلیم شدن ذرات جلوگیری بعمل آید.

در عمل باید مقداری از خاک را وزن کرده و در یک اندازه‌گیر یک لیتری ریخت و با افزودن آب و ماده مانع انعقاد حجم آنرا بیک لیتر رسانید و سرعت ستوط ذرات را از عمق مؤثر هایدرومتر L در زمانهای معین t و از روی روابط یا جداول آماده شده‌ای بدست آورد، اگر درصد خاکی که بصورت تعلیق در محلول باقیمانده و قطر ذرات خاک معلوم باشد با این دو عامل بسبب رسم منحنی «دانه‌بندی خاک مورد آزمایش میسر و مقدر خواهد بود.

هایدرومتر 152H که قبلاً ذکر کردیم از آن میان آمد مستقیماً درصد باقیمانده مواد معلق در محلول را میخواند (با تصحیحات لازمی که در عمل نسبت بدرجه حرارت - اثر ماده معلق کننده - تصحیح قرائت صفر - تصحیح در قرائت بعمل می‌آید).

در صد مواد معلق باقیمانده در محلول از رابطه  $\frac{R_c}{W_s} \times 100$  بدست می‌آید که در آن

$R_c$  وزن خاک معلق در هر لحظه مشخص (که از روی هایدرومتر بدست می‌آید)  $W_s$  وزن خاک اولیه که در ابتدای آزمایش بکار برده شده است میباشد.

از طرفی می‌توان در رابطه‌های تغییراتی بر حسب عمق مؤثر هایدرومتر L داد و واحدها را طوری اصلاح نمود که مستقیماً قطر ذرات کروی خاک بر حسب میلی‌متر بدست آید. که در آن K ضریب ثابتی است که به غلظت مایع - وزن مخصوص خاک - آب و درجه حرارت بستگی دارد.

L عمق مؤثر هایدرومتر پس از زمان t است.

بنابراین با داشتن درصد مواد معلق باقیمانده در محلول و قطر ذرات کروی شکل منحنی دانه‌بندی که در حقیقت دنباله منحنی دانه‌بندی آزمایش الک است ترسیم میشود.

آزمایش دانه‌بندی در اغلب کشورها برای طبقه‌بندی خاک بکار میرود، منحنی دانه‌بندی خاک قسمتی از معیار مناسب بودن خاک در مصرف خاک برای کارهای خاکی در فرودگاه (هم چنین راه - سدسازی - خاکریزها) بشمار میرود.

با اطلاعات حاصل از منحنی دانه‌بندی خاک وضع و شرایط حرکت آب در خاک را میتوان پیش‌بینی کرد (اگرچه این خاصیت را بطور دقیقتر میتوان با آزمایش نفوذ پذیری خاک Pr بدست آورد). از روی منحنی دانه‌بندی با دقت تمام میتوان حساسیت خاک را در مقابل یخ‌زدان که در شرایط آب و هوای سردسیر عامل مخرب و مهمی است پیش‌بینی کرد.

خاکهای خیلی ریزدانه وقتی در مجاورت جریان آب قرار گیرند سرعت شسته شده و با آب خارج میشوند، منافذ ذرات دشت دانه یکدست نیز توسط خاکهای ریز دانه گرفته شده و مانع عبور آب میشوند لیکن اگر از نظر دانه‌بندی بطور صحیحی انتخاب شوند که نه ذرات

روز توسط آب شسته شده و نه منافذ چشمه‌های درشت بسته شود چنین ترکیبی را مصالح  
فیلتری یا صافی Filter Material می‌نامند .

از روی منحنی دانه‌بندی نمونه میتوان پیش‌بینی کرد که آیا نمونه خاکی دارای  
شرایط مصالح صافی میباشد یا خیر و بر عکس تحت چه شرایطی میتوان مصالح کپسه  
مناسبت صافی داشته باشند بدست آورد .



۳۰ گلوئی دینو



## آزمایش حد روانی و حد خمیری خاک

### ۱- آزمایش حد روانی Liquid Limit

۱-۱- تعریف - حد روانی یک خاک میزان رطوبتی است که در آن رطوبت خاک از حالت خمیری بحالت روانی درآید و در رطوبتی کمتر از آن خاصیت خمیری (پلاستیکی) از خود نشان دهد. حد خمیری یک خاک میزان رطوبتی است که در آن رطوبت خاک از حالت نیمه جامدی درآمده و در رطوبتی کمتر از آن خاصیت غیر خمیری از خود نشان دهد. حد روانی و حد خمیری یک نمونه خاک فقط موقعی قابل اندازه گیری مجدد و قابل قیاس خواهد بود که بطریقه ای که تقریباً در تمام استانداردهای علمی جهان پذیرفته شده است انجام گیرد.

۱-۲- وسایل لازم: وسایل لازم برای اجرای آزمایش عبارتست از:

- جام چینی تبخیر که دهانه آن حدود ۱۲ سانتیمتر باشد.

- کاردک تیغه ای مستطیلی که طول تیغه آن حدود ۷-۸ سانتیمتر باشد.

- دستگاه استاندارد آزمایش حد روانی. این وسیله مکانیکی یا الکتریکی از جام برنجی که قطر داخلی، ضخامت صفحه فازی، عمق تقعر جام یا شعاع کردای که این جام قسمتی از آن است همگی دارای اندازه های معین و مشخص استاندارد شده ساخته شده است. قسمت نگهداری جام و چرخ طیارمانندی که باعث آزادی جام از ارتفاع یک سانتیمتری میشود بر روی پایه ای که از لاستیک فزوق العاده سخت شده بضمخامت ۵ سانتیمتر نصب شده است قسمتهای اصلی این دستگاه را تشکیل میدهد.

- شیارانداز مخصوص - شیاراندازه که شکل و اندازه های آن کاملاً مشخص و استاندارد شده است طوری ساخته شده که یک سر آن برای شیار دادن خمیر خاک بکار میرود و سر دیگر آن برای تصحیح فاصله سقوط آزاد جام برنجی بکار میرود.

- ظرف شیشه یا آلومینیوم مناسبی که مانع از تبخیر آب و از دست رفتن رطوبت خمیر خاک شود.

- ترازو با حساسیتی معادل ۰/۱ گرم.

۱-۳- نمونه خاک - از نمونه خاک که بروش « ضمیمه شماره ۱ » آماده و از الک

شماره ۴ عبور داده شده پس از مخلوط کردن کامل حدود ۵ گرم برداشته میشود.

یادآوری - تصحیح فاصله سقوط دستگاه مخصوص - باید قبلاً دستگاه آزمایش تعیین حد روانی خاک بررسی شود که در شرایط صحیح و دقیق قابل کار کردن باشد. مخصوصاً چرخ طیار و زائده پشت جام، خوردگی و سائیدگی نداشته و پیچ برنجی اتصال جام بدستگاه و نیز پیچ تصحیح محل قرار گرفتن جام محکم بوده و محلی برای حرکت و بازی نداشته باشد. شیاراننداز نیز نباید شکل و زوایای خود را از دست داده و فرسودگی ناشی از کاربرد زیاد داشته باشد و باید فواصل و اندازه‌ها دقیقاً برابر اندازه‌های مشخص شده باشد.

با انتهای دیگر شیاراننداز و با کمک پیچ تصحیح باید فاصله جام از سطح اتکاء آنرا طوری تنظیم کرد که سقوط جام دقیقاً از فاصله یک سانتیمتری باشد، مدای برخورد ضعیف و خیلی ملایم سطح زیرین جام با انتهای شیاراننداز نشان میدهد که فاصله یک سانتیمتر تصحیح است، چنانچه مدای برخورد شدید و ضربه‌ای باشد و یا اصولاً هیچگونه مدائی شنیده نشود سقوط را باید مجدداً تنظیم نمود.

۱-۴ روش آزمایش - نمونه خاک آماده شده را باید بدو یا حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر مکعب آب کاملاً مخلوط کرد - عمل مخلوط کردن بکمک کاردک صورت میگیرد و شامل زدن - زیرورو کردن - کاردی کردن است و باید اطمینان حاصل شود که تمام ذرات خاک در مجاورت رطوبت قرار گرفته و با آن مخلوط شده است، افزایش مجدد آب بصورت ۱ تا ۳ سانتیمتر مکعب بوده و شامل همان عملیات است تا معلوم شود یک نواختی در اختلاط آب و خاک مجدداً رعایت شده است. افزایش آب باید بروی تمام نمونه باشد و هرگز نباید از جام برنجی دستگاه برای مخلوط کردن آب و خاک استفاده شود.

خمیری که از اختلاط کامل آب و خاک بدست میآید باید در داخل جام قرار داد و آنرا با کاردک در تمام جام پخش و صاف کرد، بطوریکه ضخامت خمیر خاک در قسمت گود جام حدود یک سانتیمتر شود سپس، با انداختن شیار توسط شیاراننداز بدو قسمت تقریباً مساوی و جدا از هم تقسیم میگردد، حرکت دسته باعث بالا رفتن جام و سقوط از فاصله یک سانتیمتری میشود که ضربه نامیده میشود. با افزایش تعداد ضربات دو نیمه خمیر در داخل جام بیکدیگر نزدیک شده و متصل میگردد. اگر بیستم آمدن دو نیمه خمیر در حدود نیم اینچ طول باشد. (۱۲/۵ میلیمتر) بفاصله نمونه‌ای از خمیر داخل جام را برای تعیین درصد رطوبت برداشته و باین ترتیب درصد آبی که با این تعداد ضربه بیکدیگر متصل شده‌اند بدست میآید، واضح است که اگر میزان آب خاک زیادتر باشد خمیر خاک رقیق‌تر شده و تعداد ضربات دستگاه که باعث بهم آمدن شیار می‌شود کمتر است.

بر حسب قرارداد، میزان آبی که با ۲۰ ضربه دستگاه باعث بهم آمدن شیار در طولی حدود ۱۲/۵ میلیمتر (نیم اینچ) شود، میزان رطوبت حد روانی خاک نامیده میشود و چون عملاً افزایش و نقصان آب خاک برای رسیدن به غلظتی که در آن غلظت با ۲۰ ضربه دستگاه بتوان شیار حاصله را در طول نیم اینچ بهم متصل کرد بسیار مشکل است در عمل یا سه تا



شش غلظت مختلف آب تعداد ضربات لازم در آن غلظت را که باعث بهم آمدن شیار شود تعیین میکنند. بر روی یک محور مختصات که محور طولها لگاریتمی است و بر آن تعداد ضربه ها و محور عرضها با تقسیم های معمولی که بر آن، درصد آب نشان داده شده است. مختصات نقاط آزمایش مشخص میشود و بهترین خط مستقیمی که مکان عددی بین نقاط آزمایش باشد ترسیم میگردد. اگر نقطه ۲۵ ضربه بطور قائم بر روی این منحنی خطی معلوم شود در روی محور عرضها درصد آب مربوط که همان حد روانی است بدست میآید.

۱ - نکاتی که باید در آزمایش حد روانی رعایت گردد.

تجربه نشان داده چنانچه خاک در هوا و یا در دستگاه گرم کننده خشک شود حد روانی چنین خاکی همیشه بین ۲ تا ۶ درصد کمتر از موقعی است که خاک با داشتن رطوبت طبیعی که از محل نمونه گیری داشته است آزمایش گردد لذا تا جائیکه ممکن است باید آزمایش تعیین حد روانی با رطوبت طبیعی قابل آزمایش آن خاک صورت گیرد. رابطه جبری برای ترسیم نقاط آزمایش بر روی محور مختصات فوق فقط موقعی خطی است که تعداد ضربات در یکدوره لگاریتمی (از ۱۰ تا ۱۰۰) قرار گیرد. برای اطمینان بیشتر غلظت خاک را باید طوری انتخاب کرد که تعداد ضربات دستگاه بین ۱۰ تا ۵۰ قرار گیرد و ترجیح داده میشود لااقل یک نقطه کمتر از ۲۵ ضربه - یک نقطه در حدود ۲ تا ۲۵ ضربه و یک نقطه بیشتر از ۲۵ ضربه آزمایش شود.

جام دستگاه آزمایش هر بار که خمیر خاک در آن قرار داده میشود باید کاملاً تمیز شده و خوب خشک شود. این نکته برای شیار انداز نیز باید رعایت شود، برداشتن نمونه خمیر خاک بمنظور تعیین میزان رطوبت آن باید بکمک کاردک تیغه بلند و تقریباً عمود بر شیار و از هر دو نیمه خمیر صورت گرفته و نمونه برداری و توزین بلافاصله و بدون اتلاف وقت صورت گیرد. ظروف تعیین رطوبت باید قبلاً کاملاً تمیز و در ۱۰۵ تا ۱۱۰ درصد سانتیگراد خشک شده و توزین شده باشد.

خشک کردن نمونه در کوره ای که درجه حرارت آن قابل کنترل زمین ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد باشد صورت می گیرد.

۱ - حد روانی و حد خمیری علاوه بر آنکه بستگی «بمقدار» و «نوع» ذرات ریز دارد و اساس طبقه بندی در سیستم های مختلف قرار گرفته است بطریقی میتواند به سایر خواص خاک که بستگی به غشاء آب موجود بین ذرات خاک دارد نیز مرتبط شود. این ارتباط اگر چه تقریبی است ولی اطلاعات مفید جامعی در اختیار میگذارد از آنجمله از این حدها میتوان مقدار آبی که توسط کشش توان مویرگی را که در داخل منافذ خاک قرار میگیرد مدین نمود. خواص دیگری مانند قابلیت تراکم - نفوذ پذیری - تغییر حجم - سختی و چسبندگی خاک - مقاومت خاک در حالت خشک را میتوان نیز ارزیابی کرد.

در جدول زیر تغییرات خواص ذکر شده در فوق برای خاکهاییکه دارای حد روانی برابر ذلی اندیس خمیری مختلف و یا اندیس خمیری برابر و حدروانی مختلف است ذکر شده است

خاصیت خاک	مقایسه میانگین یا حد روانی برابر ولی اندیس خمیری افزایش یابد	خاکریای با اندیس خمیری برابر و حدروانی در حال افزایش
قابلیت تراکم Compressibility	تقریباً برابر	افزایش مییابد
نفوذ پذیری Permeability	نقصان مییابد	افزایش مییابد
نسبت تغییر حجم خاک	افزایش مییابد	تقلیل مییابد
سفتی خاک نزدیک حد خمیری	افزایش مییابد	تقلیل مییابد
مقاومت در حالت خشک	افزایش مییابد	تقلیل مییابد

#### ۲-۲-۲ - حد خمیری

۲-۱-۲ بر حسب تعریف قراردادی حد خمیری میزان رطوبتی در خاک است که در آن رطوبت در میله ای از خمیر که در زیر حرکت آرام انگشتان دست ایجاد شده و بقطر ۳ میلی متر رسیده باشد علائمی از ترکیدگی و جدا شدن پیدا شود.

۲-۲ برای تعیین حد خمیری بوسایل خاصی جز وسایل لازم برای تعیین رطوبت و یک شیشه مسطح ضخیم حدود ۳۰×۲۰ سانتی متر احتیاج نیست.

#### ۲-۲-۲ طرز آزمایش

با حدود ۲۰ گرم خاک، باید خمیر غلیظ و کم آبی از اختلاط آب و خاک درست کرد و یک قسمت را باید در کف دستها و یا با انگشتان دست کاملاً مخلوط کرده و آنرا روی شیشه قرار داده و با چهار انگشت بسته روی آن فشار مناسبی وارد کرد بطوریکه بصورت منتهالی با قطر یکسان در تمام طول بدست آید، حرکت دست باید با سرعت ۸۰ تا ۹۰ حرکت در دقیقه باشد و عمل منقول کردن آنقدر ادامه یابد تا بقطر تقریبی ۳ میلی متر (۱/۸ اینچ) برسد، اگر منقول صاف و بدون ترک خوردگی باشد میزان آب آن زیاد بوده و هنوز بند خمیری نرسیده است و بر عکس اگر قبل از رسیدن به قطر ۳ میلی متر منقول به چند پاره تقسیم شود از حد خمیری گذشته و رطوبت آن کم است. در حالت اول باید با جمع کردن و مالش خاک بین انگشتان باعث کم شدن و تبخیر رطوبت شد و در حالت دوم با

افزودن آب آن آزمایش را تجدید کرد. عمل حرکت دست بر روی گلوله خمیر خاک تا موقعیکه به صورت مفتولی بطور ۳ میلیمتر درآید و در آن ترکیبها و شکافها پیدا شود ادامه میآید. حد خمیری خاک میزان رطوبت همین نقطه از خاک است که وقتی بشکل مفتولی بطور ۳ میلیمتر برسد شکافها و ترکیبها در آن ظاهر شود. شکسته شدن و حتی قطعه قطعه شدن خمیر مفتولی شکل باشکال مختلفی صورت میگیرد که بستگی بانواع خاک دارد.

پس از آنکه مفتول بطور ۳ میلیمتر رسید و در آن شکافها و ترکیبها ظاهر شد بلافاصله باید آنها را (با قسمتی از آنها را) در ظرف مخصوص تعیین رطوبت قرار داده و توزین کرد. آزمایش معمولا بر روی سه نمونه صورت میگیرد و متوسط نزدیک یکدیگر آنها حد خمیری خاک نامیده میشود و معمولا تا یکدهم تقریب محاسبه شده و با رقم صحیح گزارش میشود.

۲-۴ نکاتی که در آزمایش حد خمیری باید رعایت شود

در آزمایش تعیین حد خمیری خاک ابتدا باید خمیر خاک را که بصورت گلوله ای باندازه فندقی و یا کمی بزرگتر است بر همان شکل گلوله و یا حجم بیضوی آزمایش کرد و بتدریج بصورت مفتول درآورد.

هنگامیکه قطر خمیر مفتولی شکل بحوالی ۳ میلیمتر رسید نباید با افزایش فشار و یا مالش بر روی یک نقطه آن باعث جدا شدن و یا شروع بشکستن مفتول خمیر گردید.

فشار دست آزمایش کننده باید از ابتدا تا انتهای آزمایش یکنواخت بوده و شرایط آزمایش باین دلیل خاص کمتر تغییر یابد.

### ۳- ضریب خمیری

۳-۱ تفاضل بین دو حد روانی و خمیری هر خاک ضریب خمیری و یا اندیس خمیری آن خاک گفته میشود.  $PI = LL - PL$

که در آن  $PI$  اندیس خمیری و  $LL$  حد روانی و  $PL$  حد خمیری است

۳-۲-۳-۴ اندیس خمیری در شرایط زیر قابل اندازه گیری نیست

۳-۲-۱- وقتی حد روانی و یا حد خمیری قابل اندازه گیری نباشد اندیس خمیری برابر صفر و خاک دارای خاصیت غیر خمیری است

۳-۲-۲- وقتی خاک کاملاً جامد باشد حد خمیری باید قبل از حد روانی آزمایش شود و چنانچه حد خمیری قابل اندازه گیری نباشد جواب هر دو آزمایش صفر بوده و خاک غیر خمیری (NP) است.

۳-۲-۳- وقتی حد خمیری برابر حد روانی و یا بیشتر از آن باشد اندیس خمیری خاک صفر بوده و خاک خاصیت غیر خمیری از خود نشان میدهد.

### ۳- فتاویجی از حد روانی و حد خمیری

۱-۴ هر خاک ریز دانه با داشتن مقادیر مختلف آب بگونه های مختلف فیزیکی در می آید . اگر بهنگام خشکی مقدار کمی آب اضافه شود این آب بصورت غشاء نازکی بعضی از ذرات را میگیرد . اگر بازدم آب اضافه شود ابتدا غشاء ظریف آب در تمام ذرات گرفته و سپس بطرف غشاء آب افزوده میشود و این امر امکان حرکت و لغزش ساده ذرات خاک روی یکدیگر را باعث میشود . صورت فیزیکی خاک که در اثر مقادیر مختلف آب بوجود آمده و خراس متفاوتی نشان داده است بصورت پنج حد بشرح زیر پیشنهاد شده است :

۱-۱-۴- حد چسبندگی Coh در حد آبی که در آن میزان قطعات خمیری شکل خیلی غلیظ خاک که شکسته شده و از هم جدا است فقط میتواند یکدیگر وصل شوند .

۱-۲-۴- حد چسبناکی Sticky Limit- میزان آبی که در آن خمیر خاک میتواند به یک صفحه فلزی ( مانند بیل و تیغه گریدر ) بچسبد .

۱-۳-۴- حد انقباض Contraction Limit- میزان آبی که در پایین تر از آن هیچگونه نقصان حجمی در خمیر خاک بوجود نمی آید .

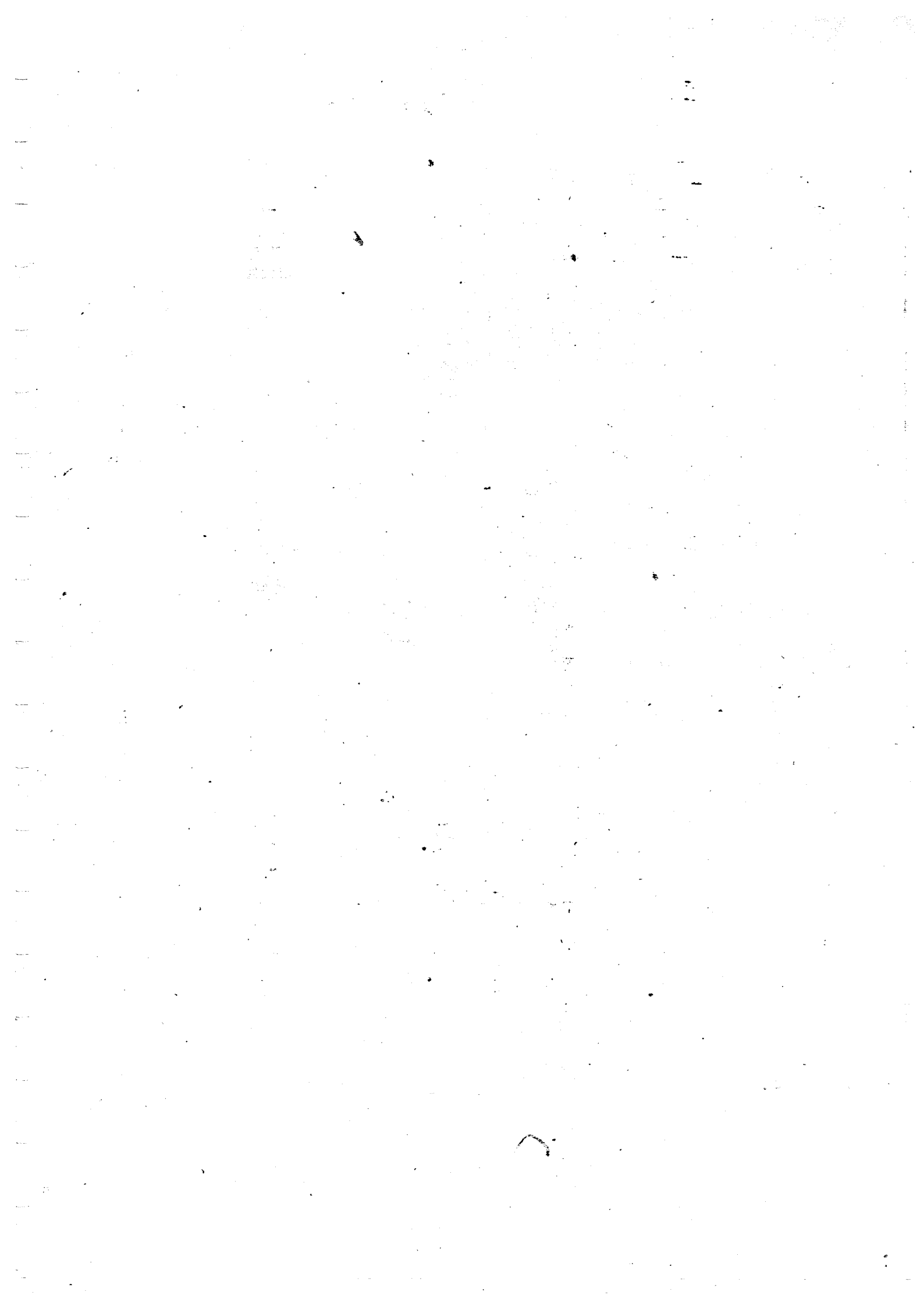
۱-۴-۴- حد خمیری - میزان آبی که در کمتر از آن خاک خاصیت غیر خمیری از خود نشان میدهد ( حد خمیری و انجماد )

۱-۵-۴- حد روانی - میزان آبی که در کمتر از آن خاک خاصیت جسم خمیری از خود نشان میدهد بعبارت دیگر در این حد خاک از حالت خمیری بحالت مایع در می آید . این حد دو مرتز مایع ویسکوز است ( مایع خیلی غلیظ که مشخصات خاصی داشته و قابلیت تحمل فشار در این نقطه بشدت کاسته میشود ) .

۲-۴- حد روانی کوچکتر از ۲۰ در خاکهای رسی و لای معمولی کمتر اتفاق می افتد و خاکهای معمولی دارای حد روانی بیشتر از ۲۰ میباشند - خاکهای رسی معمولی حتی دارای حد روانی بین ۵۰ تا ۹۰ میباشند . خاکهاییکه دارای مقادیر زیاد مواد آلی باشند هر دو حد روانی و خمیری آنها بالا خواهد بود اگرچه اندیس خمیری ( PI ) آن مانند همان خاک ولی بدون مواد آلی است .

۳-۴- بطور کلی میتوان گفت اندیس خمیری هر خاک بستگی بمقدار رس آن خاک دارد در حالیکه حد روانی و حد خمیری هر خاک تابعی از دو عامل « نوع رس » و مقدار رس « هستند . در نتیجه اگر تغییرات اندیس های خمیری با حد روانی خاکها مقایسه شوند اختلاف آنها بستگی « بنوع رس » خواهند داشت ( این مطلب تنها در مورد خاکهاییکه بجزئی مواد آلی زیاد باشند صادق نخواهد بود ) و این همان رابطه ای است که مبنای طبقه بندی خاکها قرار گرفته است .

۲۰ گلابی درخت



## آزمایش تراکم

### Compaction

#### ۱- مقدمه

۱-۱ تراکم خاک عملی است که توسط آن ذرات خاک تحت فشار قرار میگیرند تا از طریق کم شدن منافذ موجود فواصل بین ذرات کمتر شود. عمل تراکم معمولاً به طریق مکانیکی صورت میگیرد.

۱-۲ وقتی تراکم خاک تحت شرایط کنترل شده ای صورت میگیرد منافذ بین ذرات که توسط هوا اشغال شده است تقریباً از بین میرود و سیمان خاک را بحالتی در آورد که تمایل خاک به تغییر میزان رطوبت در آن تقلیل یابد. در یک خاکریز که بخوبی متراکم شده باشد نشست بعد قابل صرفنظر کردن نقصان مییابد ( اگر چه ممکن است در اثر عمل استحکام در قسمت های زیر خاکریز مقداری آب که منافذ بین ذرات خاک را اشغال کرده است خارج شده و نشست ایجاد شود )

#### ۲- اثر تراکم بر خواص مکانیکی خاک

۲-۱ هدف از متراکم کردن خاک اصولاً بهبود خواص مکانیکی آن است. بطور کلی میتوان تأثیرات مختلف تراکم را بر خواص مکانیکی خاک بصورت زیر خلاصه کرد.

۲-۱-۱-۱ وزن واحد حجم خاک یا چگالی ( Unitweight ) آنرا افزایش میدهد.

۲-۱-۱-۲ مقاومت برشی خاک را افزایش میدهد زیرا تراکم، وزن واحد حجم خاک یا چگالی آنرا که یکی از عوامل مقاومت برشی خاک است افزایش میدهد ( سایر عوامل مربوط به مقاومت برشی خاک ثنی بی ار ( C.B.R ) خاک نیز افزاینده میشود.

۲-۱-۲-۱ خاصیت نفوذ آب Permeability را در خاک تقصیم میدهد.

۲-۱-۲-۲ خاصیت تراکم پذیری Compressibility و تغییر حجم آنرا میکاهد.

۲-۱-۲-۳ خاصیت انقباض خاک Shrinkage نقصان مییابد.

۲-۱-۲-۴ ظرفیت متورم شده خاک Swellpotential اضافه میشود.

### ۳ عوامل مؤثر بر تراکم خاک

۳-۱ افزایش وزن واحد حجم خاک (چگالی) که در اثر عمل تراکم بوجود میآید بطور اساسی بستگی به مقدار آب خاک و میزان تراکم دارد. اگر میزان تراکم در یک خاک ثابت فرض شود و مقدار آب مرتباً افزایش یابد وزن واحد حجم خاک ابتدا افزایش یافته تا بیک حد اکثر میرسد و سپس با افزایش آب وزن واحد حجم نقصان مییابد میزان رطوبتی که در اثر آن چگالی خاک بحد اکثر رسیده است درصد معتول آب Optimum نامیده میشود. و بر عکس چنانچه مقدار آب در خاک ثابت فرض شده و میزان تراکم افزایش یابد وزن واحد حجم خاک نیز مرتباً افزایش مییابد تا تقریباً تمام هوای داخل منافذ و خلل و فرج خاک خارج شود و افزایش میزان تراکم دیگر تقطیل حجم محسوسی در خاک ایجاد نمیکند.

### ۳-۲ عکس العمل خاک در مقابل مقادیر مختلف آب پخش زیر است.

وقتی میزان رطوبت خاک خیلی کم است و ذرات خاک خشک و سخت بوده و بزرگت و با اشکال بتوان آنها را بیکدیگر نزدیک کرد (بعبارت دیگر در حالتی که فاصله ذرات از یکدیگر زیاد بوده و این فواصل توسط هوا اشغال شده و در نتیجه وزن واحد حجم (چگالی) پائین و میزان منافذ اشغال شده توسط هوا زیاد باشد). چنانچه مقداری آب اضافه شود این آب بصورت غشاء نازکی بدور ذرات متصل شده و باعث لغزش ساده آنها بر روی یکدیگر میشود و در اثر تراکم ذرات به سهولت تغییر مکان یافته و بیکدیگر نزدیک میگرددند. در نتیجه باعث بالا رفتن وزن واحد حجم و نقصان میزان منافذ میشود.

اگر افزایش مرتب آب ادامه یابد اثر لغزش سهل و ساده ذرات بر روی یکدیگر و اشغال برای داخل منافذ توسط آب آندرا ادامه مییابد تا تمام ذرات بحد اکثر تراکم خود (در شرایط متراکم رسیده و آب تقریباً جای تمام هوای داخل منافذ را گرفته و هوا را خارج کند) خروج صد درصد هوا توسط عمل تراکم ممکن نیست) در این نقطه بیشترین وزن واحد حجم ایجاد میشود و میزان آب مربوطه را چنانچه قبلاً نیز گفته شد میزان رطوبت معتول نامیده میشود.

اگر افزایش آب و عمل متراکم باز هم ادامه یابد چون در منافذ بین ذرات خاک علاوه بر وجود آب با خارج کردن آن جای آنرا بگیرد لذا افزایش حجم در خاک ایجاد کرده و باعث میشود ذرات خاک از یکدیگر جدا شده و فاصله ذرات زیادتر شود و در نتیجه وزن واحد حجم خاک نقصان مییابد.

اگر عمل اضافه کردن آب باز هم افزایش یابد چون این آب باعث افزایش حجم مجموع آب و هوا و خاک میشود وزن واحد حجم تقطیل بیشتری خواهد یافت بطور کلی

\* در این ضمیمه در کجا وزن واحد حجم یا چگالی بکار رفته است بجای لغت density یا densitee است.



نمودار تغییرات وزن واحد حجم و میزان رطوبت را میتوان بصورت یک منحنی پارابول که دارای یک نقطه ماکزیم است نمایش داد. در شاخه سمت چپ این منحنی افزایش آب باعث افزایش وزن واحد حجم میشود و در شاخه سمت راست افزایش آب باعث نقصان وزن حجم شده و آنرا بخط اشباع خاک (خطی که بصورت تئوری رابطه آب و وزن واحد خاک را وقتی هیچگونه هوایی در خاک وجود نداشته باشد نشان میدهد) نزدیک کرده و هرگز آنرا قطع نمیکند.

۳-۳ رابطه آب و وزن واحد حجم را باید برای وزن واحد حجم خاک خشک محاسبه و ترسیم کرد.

۳-۴ افزایش تراکم یعنی افزایش فشار وارد بر وزن واحد خاک باعث افزایش وزن واحد حجم خاک خشک و پائین آمدن رطوبت معقول آن میشود. اگر حاکی مثلاً با تعداد معین و مشخص وزنه‌ای متراکم شود و بار دیگر همان خاک تحت شرایط مشابه چندین بار بیشتر متراکم گردد و منحنی نمایش رابطه آب و وزن واحد حجم هر دو ترسیم شود منحنی دوم اگر چه از نظر شکل شبیه منحنی اولی است لیکن موقعیت آن بالاتر (وزن واحد حجم بیشتر) رفته و تمام منحنی بطرف چپ جابجا شده است (معقول ترین میزان رطوبت تقابلاً یافته است).

۳-۵ طریقه متراکم کردن تغییر در نتیجه بالا نمیدهد زیرا یک خاک را میتوان بطرق مختلف مانند فشردن بروش استاتیکی و یا مکانیکی (غلتکهای چرخ فولادی) ارتعاشی (غلتکهای ارتعاشی) و بهم زدن و پنجه‌ای فشردن (غلتکهای پاچه‌بزی) و یا ضربه وارد کردن (متراکم کننده‌های دستی ضربه‌ای) متراکم کرد.

۳-۶ عامل مؤثر دیگر تراکم، نوع خاک و طریقه تراکم است. خاکهای ریزدانه و چسبنده دارای حداکثر وزن واحد حجم کمتر و میزان رطوبت معقول بالاتری است در حالیکه خاکهای ماسه‌ای و شنی دارای حداکثر وزن واحد حجم آنهائیکه بیشتر و میزان رطوبت معقول کمتر است. شکل منحنی تراکم با نوع خاک تغییر میکند، خاکهای ریزدانه و خاکهاییکه دارای ذرات هم اندازه هستند دارای منحنی باز بوده و قسمت ماکزیم آنها بصورت منحنی با شعاع زیاد است در حالیکه در خاکهای با دانه بندی منظم و پیوسته و خاکهای درشت دانه شنی و شاخه منحنی یکدیگر نزدیکتر بوده و در قسمت بالای منحنی شعاع انحناء خیلی کوچکتر است.

۳-۷ عوامل مؤثر دیگر در تراکم عبارتند از درجه حرارت و مواد خارجی شیمیائی که در مواردی بخاک اضافه میکنند.

#### ۴- آزمایش تراکم در آزمایشگاه

۴-۱- در روش آشوری استاندارد وسایل لازم بشرح زیر است:

یک قالب استوانه‌ای فلزی که قطر داخلی آن ۴ اینچ و ارتفاع آن  $\frac{4}{1}$  اینچ ( $\frac{1}{4}$  فوت مکعب) با کلاسیک بازشونده با ارتفاع  $\frac{2}{5}$  اینچ که در قسمت بالای قالب استوانه‌ای استوار میشود.

یک صفحه فلزی زیر قالب که با پیچ بزرگه های قالب محکم میشود و یک چکش مخصوص تراکم بصورت استوانه فلزی که داخل جلد فلزی حرکت میکند و وزن قسمت متحرک آن ۵/۵ پاوند و طوری ساخته شده که اگر قسمت مرکزی و متحرک آن بالا آورده و رها شود سقوط آزادی برابر ۱۲ اینچ ایجاد مینماید.

خاک مورد آزمایش را پس از آنکه با مقداری آب کاملاً مخلوط شد باید در سه لایه تقریباً برابر در داخل قالب فلزی جاداده و هر لایه را باید تعداد ۲ ضربه چکش تراکم کرد، سپس کلاهک باز و قسمت بالای استوانه را کاملاً هم سطح و مستوی نمود و قالب را از صفحه زیر جدا کرده و توزین کرد.

با داشتن وزن قالب و وزن خاک مرطوب داخل قالب تعیین میگردد، و چون حجم آن نیز ثابت است وزن واحد حجم مرطوب خاک بدست میآید.

در نمونه گیری برای تعیین رطوبت خاک، میزان آب موجود در خاک را مشخص کرده و از آنجا وزن واحد حجم خشک بدست میآید.

اگر آزمایش چندین بار تکرار شود نتایج را که وزن واحد حجم خاکهای خشک بر حسب رطوبت های مختلفی است باید بصورت منحنی تراکم نشان داد. در این آزمایش، خاک را که آزمایش شده ابتدا از الک  $\frac{3}{16}$  اینچ عبور داده و آزمایش بر روی جزء عبور کرده آن صورت میگیرد، خاک میتواند در هوای آزاد و یا دستگاه گرم کننده خشک شده باشد. سه لایه ای که در قالب آشوی استاندارد ریخته میشود باید جمعاً پس از کوبیدن و تراکم کردن با ارتفاع تقریبی ۵ اینچ (۱۲/۷ سانتیمتر) از قالب و کلاهک با آشوی آنرا بگیرد.

۴-۲- روش آشوی اصلاح شده در آزمایش تراکم با روش آشوی اصلاح شده

اصول آزمایش مانند تراکم بروش آشوی استاندارد است لیکن دو تفاوت مهم با آن دارد.

۴-۲-۱- چکش مخصوص تراکم دارای وزنی معادل ۱۰ پوند بوده و از فاصله ۱۸ اینچ سقوط آزاد میکند که در نتیجه مقدار انرژی وارده در هر ضربه متجاوز از ۲/۷ بر اینر آزمایش تراکم بروش استاندارد است.

۴-۲-۲- خاک آماده شده در ۳ لایه داخل قالب ریخته شده و تراکم میگردد.

۴-۳- در آزمایش تراکم بروش آشوی اصلاح شده چهار طریقه وجود دارد بنام طریقه های A و B و C و D که در طریقه های A و B قالب تراکم دارای قطر داخلی ۴ اینچ بوده و حجم آن همان  $\frac{1}{3}$  فوت مکعب میباشد لیکن در طریقه های B و D قالب تراکم دارای قطر ۶ اینچ و ارتفاع ۹ و ۴ اینچ و حجمی معادل  $\frac{1}{3}$  فوت مکعب است.

۴-۴- در تراکم با طریقه آشوی اصلاح شده در طریقه های A و C مصالح مورد آزمایش باید

از الک شماره ۴ (۴/۷۶ میلیمتر) عبور کند و در دو طریقه دیگر مصالح از الک  $\frac{3}{8}$  اینچ

(۱/۹ میلیتر) عبور مینمایید، در طریقه های A و C بر هر یک از ۰ لایه خاک ۲۰ ضربه و در طریقه های B و D بر هر لایه ۰۶ ضربه چکش وارد میشود.

۴-۵ - معمولاً در هر مشخصات و هر کجا که اصطلاح تراکم بطریق آسوی اصلاح شده بدون قید طریقه آن ذکر شود مخصوصاً در مورد فرودگاه متصود طریقه D میباشد.

۴-۶ - در طریقه D از آزمایش تراکم بروش آسوی اصلاح شده باید نمونه خاک را در هوای آزاد و یا حرارتی کمتر از ۶۰ درجه خشک کرده و بدون آنکه ذرات آن بشکند آنرا کاملاً نرم کرده و از الک  $\frac{4}{75}$  اینچ عبور داد و بمقدار لازم که ستجاوز از ۶ کیلوگرم است انتخاب نمود. باین خاک باید مقداری آب اضافه شود که تقریباً در حدود ۰.۴٪ کمتر از میزان آب منقول برای حداکثر وزن واحد حجم باشد نمونه را در پنج لایه تقریباً برابر، در قالب که کلاهک آن متصل باشد ریخته و هر لایه را ۰۶ ضربه که یکنواخت بسطح نمونه وارد شود باید کوبید بطوریکه قطر خاک کوبیده شده در داخل قالب به ۰ اینچ برسد.

پس از باز کردن کلاهک و صاف و مسطح کردن خاک قسمت بالای قالب، آنرا باید از سطح زیرین جدا کرده توزین نمود و سپس دو نمونه جهت تعیین رطوبت یکی از قسمت بالا و دیگری از قسمت پائین قالب گرفته میشود.

۴-۷ - بمقدار کافی باید نمونه هائی بترتیب بالا ولی با رطوبت های با افزایش یک درصد آزمایش کرده سپس از روابط زیر رطوبت های خاک متراکم شده و وزن واحد حجم خاک های خشک متراکم شده را بدست آورد که در آن :

$$w = \frac{A-B}{B-C} \times 100$$

$$W = \frac{W_1}{W_1 + 100} \times 100$$

W درصد رطوبت خاک مورد آزمایش

A وزن ظرف تعیین رطوبت و وزن نمونه مرطوب داخل آن

B وزن ظرف تعیین رطوبت و وزن خاک خشک

C وزن ظرف تعیین رطوبت

$W_1$  وزن واحد حجم خاک خشک متراکم شده

w وزن واحد حجم خاک مرطوب و متراکم شده است

۴-۸ - پس از آنکه رطوبت و وزن واحد حجم هر نمونه مورد آزمایش را بدست آمد بر روی یک محور مشخصات که در محور طولها میزان رطوبت تعیین شده و در محور عرضها وزن واحد حجم های مربوط باین رطوبت مشخص شده آنها را باید نمایش داد اگر نقاط مختلف را بیکدیگر وصل کرده و یا بهترین منحنی که نمایش مکان هندسی تناط بدست

آمده باشد ترمیم گردد یک منحنی بصورت سهمی یا شلجی با یک نقطه ماکزیمم بدست میآید مختصات این نقطه ماکزیمم حداکثر وزن واحد خشک خاک و رطوبت مربوط بدان معقولترین درصد رطوبت این نمونه خاک خواهد بود .

۴ - ۹ - میزان شن و قطعات قلو، سنگ کوچکتر از ۲ اینچ ( ۵۰ میلیتر ) اثر خاصی در آزمایش تراکم دارد ، تجربه ثابت کرده است که وجود قطعات شن توأم با خاک تا میزان ۵۰ درصد شن باعث بالا رفتن وزن واحد حجم خشک مجموعه میشود و افزایش بیشتر شن از وزن واحد حجم خشک میگذارد همچنین افزایش شن اگر تا حدود ۷۰٪ وزن خاک باشد تأثیر اندکی در حداکثر وزن واحد حجم خاک خشک میگذارد و چنانچه میزان شن و سنگ در خاک اضافه شود اتصال قطعات سنگ بیکدیگر مانع از تراکم کافی و کامل جزء خاک ریزدانه شده و آن قسمت از خاک کمتر متراکم خواهد شد و حداکثر وزن واحد حجم آن جزء کمتر میشود .

۴ - ۱۰ - با توجه بنکته بالا بر طبق توصیه آشو چنانچه نگهداری درصد شن در خاک بهمان وضع و شرایطی که در عمل موجود است مورد نظر باشد باید نمونه خاک را از الکها ۲ و  $\frac{4}{3}$  اینچ ( ۵۰ میلیتری و ۲۰ میلیتری ) عبور داد و قسمت باقیمانده روی الک ۵۰ میلیتری را کنار گذاشته و قسمت بین الک ۵۰ میلیتری و ۲۰ میلیتری را توزین کرد سپس معادل آن از جزئی که از الک  $\frac{4}{3}$  اینچ ( ۲۰ میلیتر ) عبور کرده و روی الک شماره ۴ (  $\frac{4}{7}$  میلیتری ) باقی میماند انتخاب و بجا اضافه نمود ، آزمایش تراکم باید بر روی این نمونه اجرا گردد .

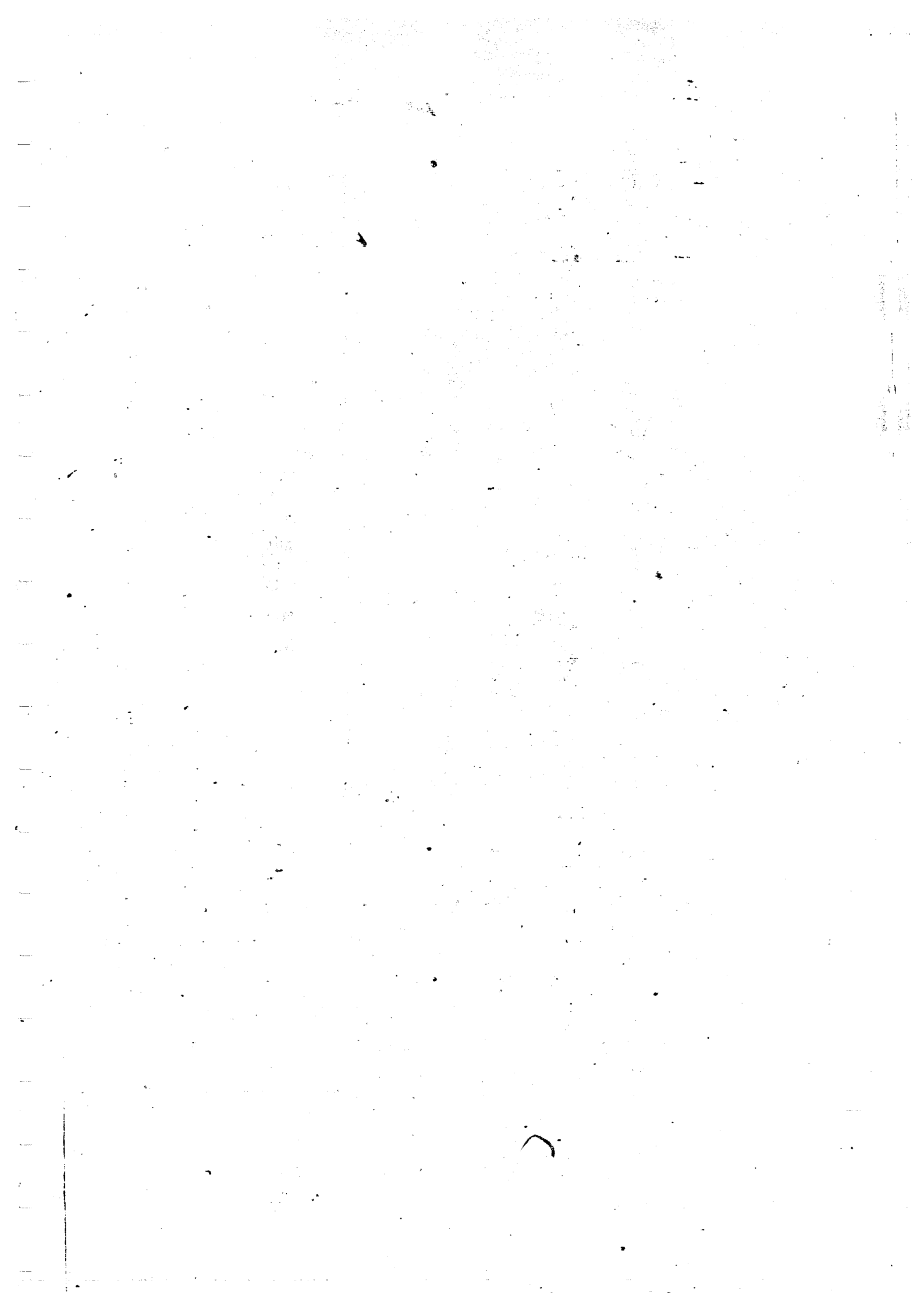
#### ۵ - چند نکته قابل توجه در آزمایش تراکم

۵ - ۱ - بر طبق توصیه استاندارد آشو قالب آزمایش تراکم باید بر روی یک بلوک بتنی بوزن حدود یکصد کیلوگرم گذاشته شده و متراکم گردد - عبارت دیگر در سطح مست و یا در روی خاک طبیعی و یا کوبیده شده و یا روی سیزکار نباید عمل متراکم کردن خاک در داخل قالب را انجام داد .

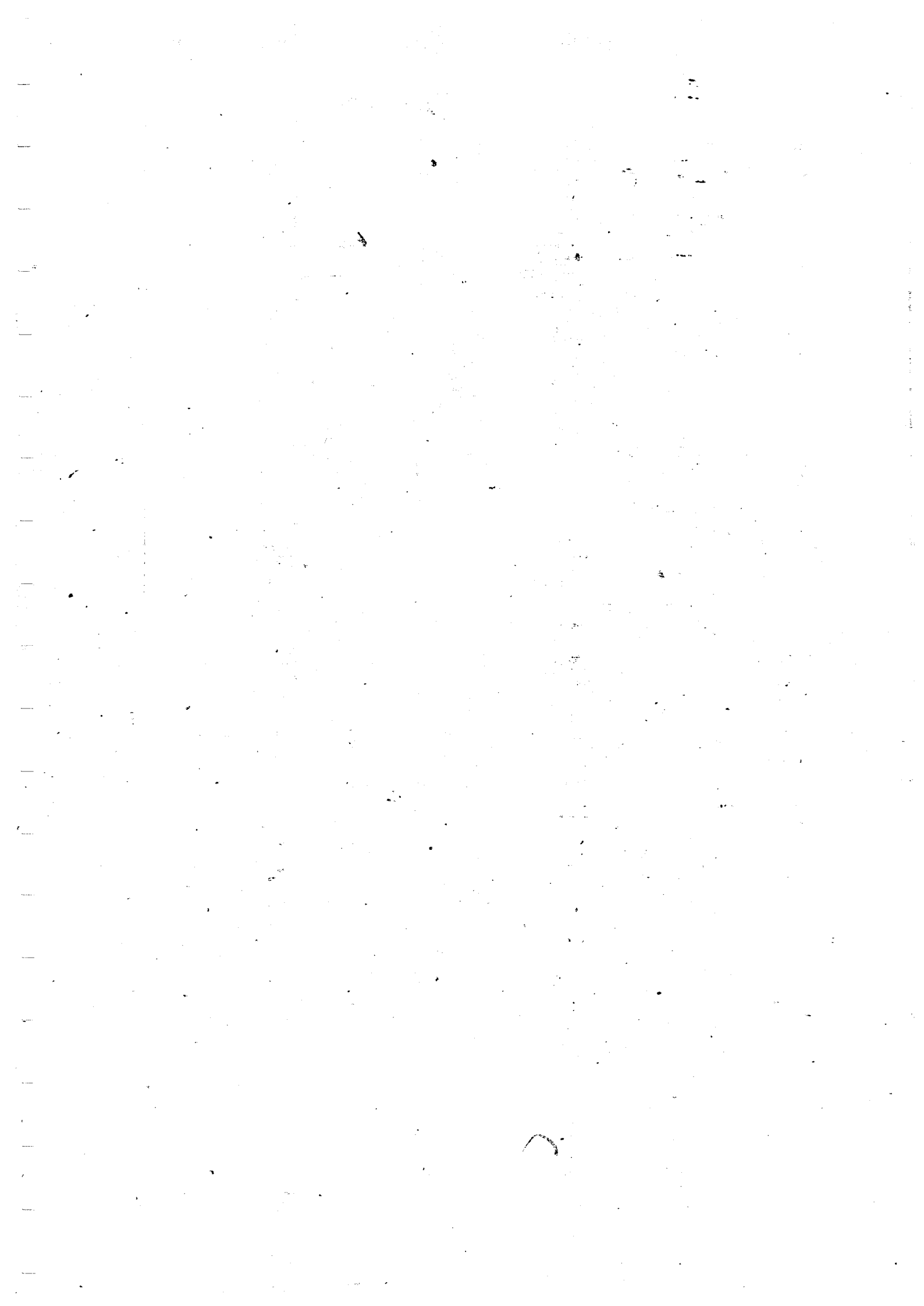
۵ - ۲ - بمنظور جلوگیری از اتلاف وقت و بدست آوردن حداقل اطلاعات مورد نیاز در مورد ترمیم منحنی تراکم حداقل پنج نقطه آزمایش که در اطراف نقطه ماکزیمم باشد باید بدست آید .

۵ - ۳ - در عمل تراکم خاک برای عملیات ساختمانی فرودگاه افزودن آب بخاک و متراکم کردن آن نباید درجهت تجاوز از معقولترین درصد رطوبت انجام گیرد - عبارت دیگر اگر عمل کوبیدن و متراکم کردن خاک در یک و یا دو درصد کمتر از معقولترین درصد رطوبت صورت گیرد خاک حساسیت کمتری نسبت بانقباض و تغییر حجم پیدا کرده و نیز مقاومت برشی بیشتری بدست میآورد .

۵ - ۴ - در بعضی شرایط خاص اضافه شدن وزن واحد حجم ممکن است حتی توأم با نقصان ستاوست نیز باشد و بهمین جهت در کارهای خیلی مهم تعیین معیار تراکم خاک کافی نبوده و نحوه و نوع متراکم کردن نیز باید در مشخصات قید گردد .



دوستداران





## تعمین ضریب عکس العمل خاک بستر K

۹- مقدمه

۱-۱- در محاسبه ضخامت رویه خای بتنی، چهار عامل اساسی می باشد.  
خاک بستر Modulus of Subgrade یکی از چهار عامل اساسی و لازمی است که عبارتند از:  
الف- حداکثر بار و فشار وارده از هواپیما و تعداد و توالی این فشارها.  
ب- شرایط وارد شدن فشار و موقعیت عوامل ساختمانی فرودگاه که فشار بر آن وارد میشود مانند پرواز- تاکسی رو- توقفگاه هواپیما- آشیانه و غیره.  
پ- شرایط و مشخصات خاک بستر که فشار وارده را تحمل میکند این مشخصات بنام ضریب عکس العمل خاک بستر نامیده شده و با حرف K نامیده میشود.

- مشخصات اصلی بتن

۱-۲- اطلاع دقیقی و صحیح از نحوه توزیع فشارهای وارده از پیرخ هواپیماها و عکس العملی که خاک بستر در هر نقطه و در شرایط مختلف از خود نشان میدهد اگر چه هنوز بصحت و درستی معلوم نیست لیکن بنا بر ضرورت اطلاع از آن همیشه مورد توجه جدی بوده است.

۱-۳- تنش سطح زیرین بتن در قسمت لبه و انتهای دال بتنی بیشترین مقدار و پس از آن در گوشه ها و زاویه ها میباشد و حداقل تنش ایجاد شده در مرکز دال بتنی است - بعبارت دیگر در یک دال بتنی ضعیف ترین قسمت لبه ها و کناره های دال و سپس در گوشه ها و بالاخره قسمت های مرکزی دال مقاوم ترین قسمت دال بتنی است محاسبه مقدار تنش در هر یک از سه بخش مذکور نشان میدهد که تنش های حاصله بصورت عاملی از متغیرهای زیر میباشند:

بار و فشار وارده

شعاع صفحه ای که فشار توسط آن وارد میشود ( قطر سطح تماس )

ضریب الاستیسیته

نسبت پواسون ( که معمولاً بین ۰/۱ تا ۰/۳۰ و در خاکهای غیرخمیری ۰/۵ است )

ضریب عکس العمل خاک بستر K

و چون دو عامل اول مربوط بنوع هواپیما و دو عامل دیگر تقریباً ساده و آسان بدست

میآیند لذا محاسبه ضریب عکس العمل خاك بستر K عامل مهمی در محاسبه تنش حاصله و از آنجا محاسبه ضخامت رویه های بتنی است .

۲- اصول اندازه گیری K و واحدها آن

۲-۱ - اصول اندازه گیری K بر اساس رابطه فشار و نشست حاصله از آن در رابطه وسترگارد است - در این رابطه حداکثر فشار عمودی وارده در هر سطح افقی روی محور قائم قرار داشته و نیز حداکثر نیروی برشی بر روی همین محور قرار دارد - اگر فشار وارده توسط صفحه مدور غیر ارتجاعی بشعاع R وارده شود مقدار نشست حاصله از رابطه زیر بدست میآید :

$$d = \frac{1.18 P r}{E}$$

d میزان نشست ( بر حسب اینچ )

P فشار ( بر حسب پوند بر اینچ مربع )

r شعاع تماس یا صفحه مدوری که فشار توسط آن وارد شده است

E ضریب الاستیسیته است

۲-۲ - در رابطه فوق نسبت مقدار فشار وارده بر میزان نشست حاصله رقم ثابتی

است که بنام ضریب عکس العمل خاك بستر نامیده میشود  $K = \frac{P}{d}$  که از

$$K = \frac{E}{1.18 r}$$

طرفی برابر است

ملاحظه میگردد که رقم K بستگی به شعاع صفحه آزمایش داشته و نسبت معکوس به آن دارد . تجربیات متعدد ثابت کرده چنانچه قطر صفحه با اندازه کافی بزرگ گرفته شود ( در حدود ۳ اینچ یا ۷۶۲ میلیمتر ) تأثیر قطر صفحه در ضریب ضریب عکس العمل خاك بستر از بین میرود - به همین جهت برای تعیین مقدار صفحه ۳ اینچی ( ۷۶۲ میلیمتر ) قطر استاندارد شده و بکار میرود . آزمایش با صفحات کوچکتر نیز صورت میگیرد ولی باید با معادل صفحه ۳ اینچی آن محاسبات تعدیل گردد .

۲-۳ - بکار بردن صفحه فلزی با قطر نسبتاً بزرگ که مستقیماً بر روی خاك بستر و در محل و در شرایط موجود اندازه گیری میشود شباهت زیادی با شرایط طبیعی و عکس العمل حاصل از وارد شدن فشار چرخ هواپیما بر همان خاك دارد و چون میزان نشست در حدود چند میلیمتر و در مقایسه با قطر صفحه آزمایش ( ۷۶۲ میلیمتر ) ناچیز است لذا نسبت اندازه گیری شده اکثراً خاصیت تراکم ارتجاعی Elastic Compressibility و یا Elastic Reaction خاك بستر است .

۲-۴ - در رابطه قبل معمولاً فشار بر حسب پوند بر اینچ مربع و نشست بر حسب

اینچ اندازه‌گیری میشود در اینصورت واحد K بر حسب پوند بر اینچ مربع بر اینچ است و چون اینچ مربع مربوط بصفحه آزمایش و میزان نشست نیز مربوط به همان صفحه است لذا میتوان واحد K را بر حسب پوند بر حجم خاک نشست کرده ( اینچ مکعب ) نیز بیان کرد . البته میتوان K را در سیستم متریک نیز محاسبه کرد و در اینصورت واحد آن کیلوگرم بر سانتیمترمربع بر سانتیمتر و یا کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب خواهد بود .

### ۳- وسایل لازم بر آزمایش

۳- ۱- وسایل لازم برای تعیین رقم عبارتند از:

الف - صفحه فولادی اصلی بقطر ۳۰ اینچ ( ۷۶۲ میلیمتر ) و ضخامت ۱۶ میلیمتر و دو صفحه فولادی دیگر با همان ضخامت ولی بقطرهای ۱۸ اینچ ( ۴۵۷/۲ میلیمتر ) و ۱۲ اینچ ( ۳۰۴/۸ میلیمتر ) که بصورت تقویتی در روی صفحه اصلی قرار میگیرند .

ب - جک هیدرولیکی با ظرفیت ۵ تن برای وارد کردن فشار مورد نظر - این جک باید خود دارای عقربه با حساسیت زیاد باشد تا فشار وارده را با دقت کافی اندازه‌گیری کند فشار مورد نظر یا توسط عکس العمل بصفحه وارد میشود و یا توسط وزن مرده مانند کامیون و توسط جک بر روی محور قائم صفحه آزمایش وارد میشود - در آزمایش دقیق تر جک هیدرولیکی بخلقه مخصوص فولادی فشارسنج Proving Ring متصل میگردد و فشار وارده از انعطاف حلقه توسط عقربه‌های مربوطه با هر حساسیت دلخواهی تعیین میگردد .

پ - وسیله اندازه‌گیری نشست که عقربه‌های حساسی است ( با حساسیت  $\frac{1}{10,000}$  اینچ برابر ۰.۰۲۵ / میلیمتر ) که در نقاط مختلف صفحه قرار گرفته و صفر آن به نقطه معلومی در فاصله ۳ تا ۵ متری صفحه که دور از تأثیر فشار صفحه و نشست مربوط باشد میزان شده است و میزان نشست را اندازه‌گیری میکند . عقربه‌های اندازه‌گیری نشست حداقل چهار عدد است بوده که در پیرامون صفحه فلزی اصلی و در روی دو قطر عمود بر هم نصب میگردد - مقدار نشست حاصله معدل عددی قرائت چهار عقربه خواهد بود .

### ۲- روش آزمایش

۴- ۱- آزمایش تعیین ضریب عکس العمل خاک بستر مستقیماً بر روی خاک بستر و یا بر روی دال بتنی و در محل مورد نظر و با مشخصات طبیعی انجام میشود - بهمین جهت اگر هدف از تعیین K طرح و محاسبه ضخامت رویه بتنی است باید شرایط خاک در محل آزمایش تقریباً در وضع و شرایطی قرار گیرد که پس از ساختن و اتمام فرودگاه آن شرایط ایجاد میشود ، بااین مطلب مخصوصاً از نظر میزان تراکم و رطوبت قبل از شروع آزمایش باید در محل آزمایش توجه شود ، حتی اگر ایجاد تراکم و رطوبت مناسب مقدور نباشد لااقل باید از نظر تراکم با بکار بردن تخماق دستی شرایط تراکم مشابهی ایجاد کرد و اگر بدست آوردن ضریب عکس العمل خاک بستر در زمین طبیعی و دست نخورده مورد نظر

باشد باید ابتدا خاک زراعتی سطحی را برداشته (حدود ۲ سانتیمتر) و پس از مسطح کردن آن صفحه آزمایش را قرار داد.

۴ - ۲ - باید صفحه فلزی بزرگ در سطحی کاملاً مسطح و مستوی قرار گیرد و تمام سطح صفحه با خاک بستر تماس داشته باشد و برای این منظور ابتدا سطح خاک را با کاردک و یا مالهای کاملاً صاف کرده و بر حسب نوع خاک بترتیب زیر عمل نمود:

الف - اگر خاک بستر از جنس ریزدانه و رسی یا لای باشد باید سطح زیرین صفحه را روغن مال کرده و آنرا در روی سطح خاک صاف شده قرار داد و چند باری صفحه را بدور خود چرخانید سپس آنرا برداشته و اثر ناهمواریهای سطحی و تقاطعی را که با خاک تماس نداشته است معلوم کرد و با مسطح کردن آن و تکرار این روش بالاخره تمامی سطح زیرین صفحه با بستر تماس خواهد گرفت.

ب - چنانچه زمین مورد آزمایش از جنس شن و ماسه و ذرات درشت دانه باشد میتوان در محل مورد آزمایش ابتدا مقداری ماسه ریز و خشک ریخت بطوری که در هیچ نقطه ضخامت لایه ماسه بیشتر از ۴ میلیمتر نباشد.

پ - اگر زمین مورد آزمایش از قلو سنگ و قطعات محکم و دج ماندی تشکیل شده باشد میتوان پس از آنکه تا حد ممکنه آنرا صاف کرد از گچ نرم آب زده و زنده که بصورت خمیر رقیقی باشد استفاده کرد در این حالت باید قبل از آنکه گچ خود را بگیرد و منجمد شود صفحه را که زیر آن روغن مالی شده روی خمیر گچ قرار داد و با چند حرکت دورانی آنرا بحال خود گذاشت تا گچ کاملاً منجمد شده و سخت شود.

۴ - ۳ - روش وارد کردن فشار بر صفحه - بدو طریق مختلف میتوان فشارهای مورد نظر را بر صفحه وارد کرد و نشستهای مربوطه اندازه گیری کرد، روش اول فشار ثابت و تغییرات نشست اندازه گیری میشود، در طریقه دوم فشارهای متغیر برای ایجاد نشست ثابتی بکار برده میشود. در روش اول که روش سریعتری است پس از آنکه صفحه اصلی و صفحات دیگر بترتیب و بصورت هم بر کز رویهم قرار گرفتند و عقربه های تعیین نشست نیز نصب شدند فقط با روشی معادل ۷.۷ پوند (که با توجه بقطر صفحه بزرگ معادل ۱ پوند بر اینچ مربع میشود) در مدت ۱ ثانیه باید بر صفحه وارد کرد - فشار فوق را بر صفحه باید آنقدر ثابت نگهداشت تا دیگر عقربه های تعیین میزان نشست هیچگونه نشستی دیگر نشان ندهد و یا چنانچه خاک بستر از جنس رسی باشد افزایش نشست از میزان ۰.۵ / میلیمتر در دقیقه نیز کمتر شود.

در طریقه دوم ابتدا فشاری معادل یک پوند بر اینچ مربع بر صفحه وارد کرده پس از چند لحظه فشار را از روی صفحه برداشته و اجازه داده میشود صفحه در تمام تقاطع خود با خاک تماس قطعی داشته باشد. سپس باید آنقدر فشار بر صفحه وارد کرد تا نشستی در حدود ۰.۱ / میلیمتر پیدا شود بلافاصله مقدار فشار را ثبت کرده و آنقدر صفحه در زیر این فشار قرار میگیرد تا افزایش فشاری ایجاد نشود (اگر خاک، رسی باشد باید نسبت افزایش نشست از ۰.۲ / میلیمتر

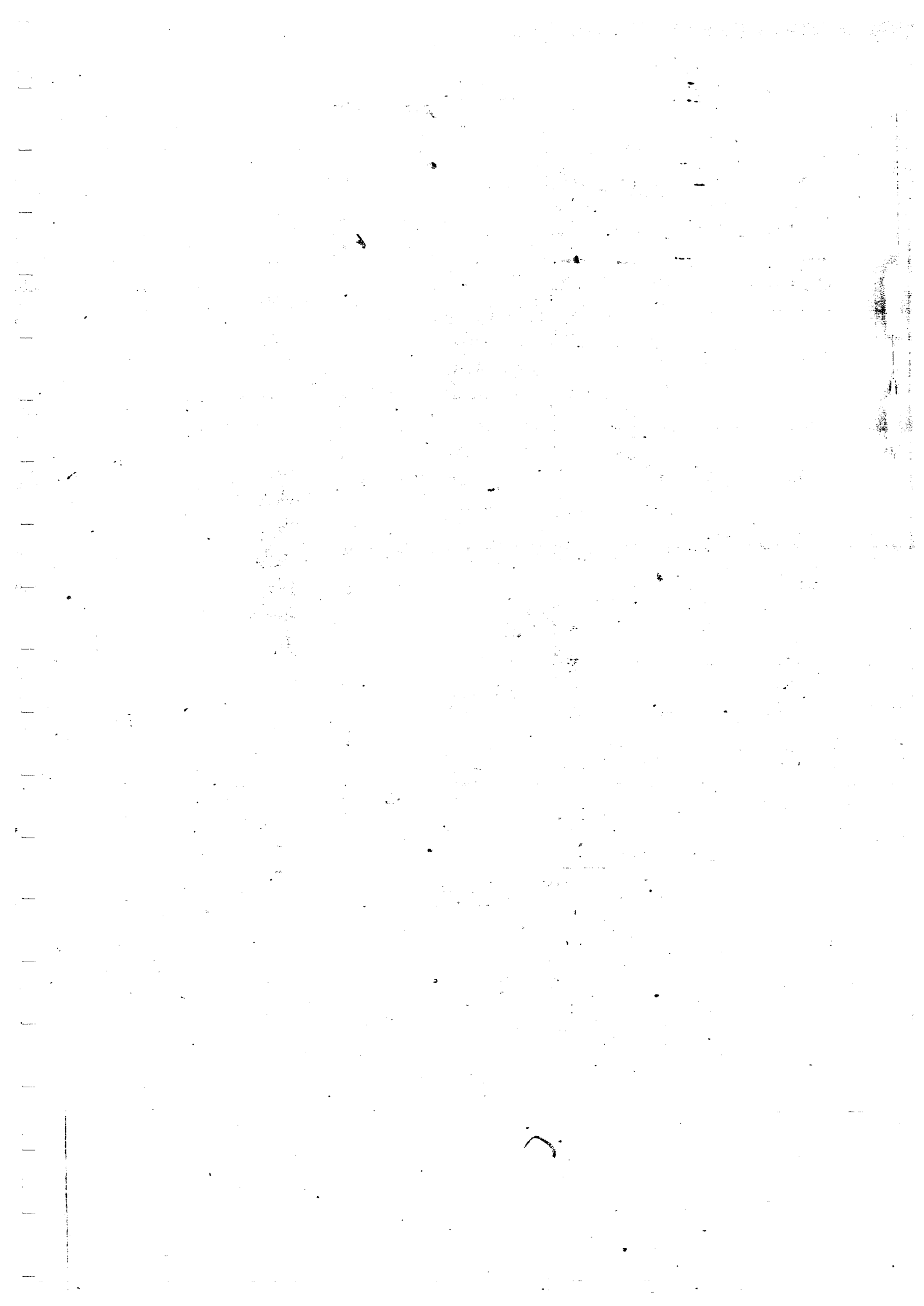
در دقیقه کمتر باشد) سپس باید فشار را اضافه کرد تا میزان نشست حدود ۰.۲٪ اینچ برسد، مجدداً باید فشار را یادداشت کرد و آنقدر صفحه در زیر این فشار قرار داد تا افزایش نشستی ملاحظه نشود و یا اگر خاک رسی باشد میزان افزایش نشست از مقدار ۰.۲٪ میلیمتر در دقیقه کمتر باشد این عمل آنقدر تکرار میشود تا نشست حاصله حدود ۰.۷٪ اینچ شود.

#### ۵- نتایج آزمایش و بررسی آن

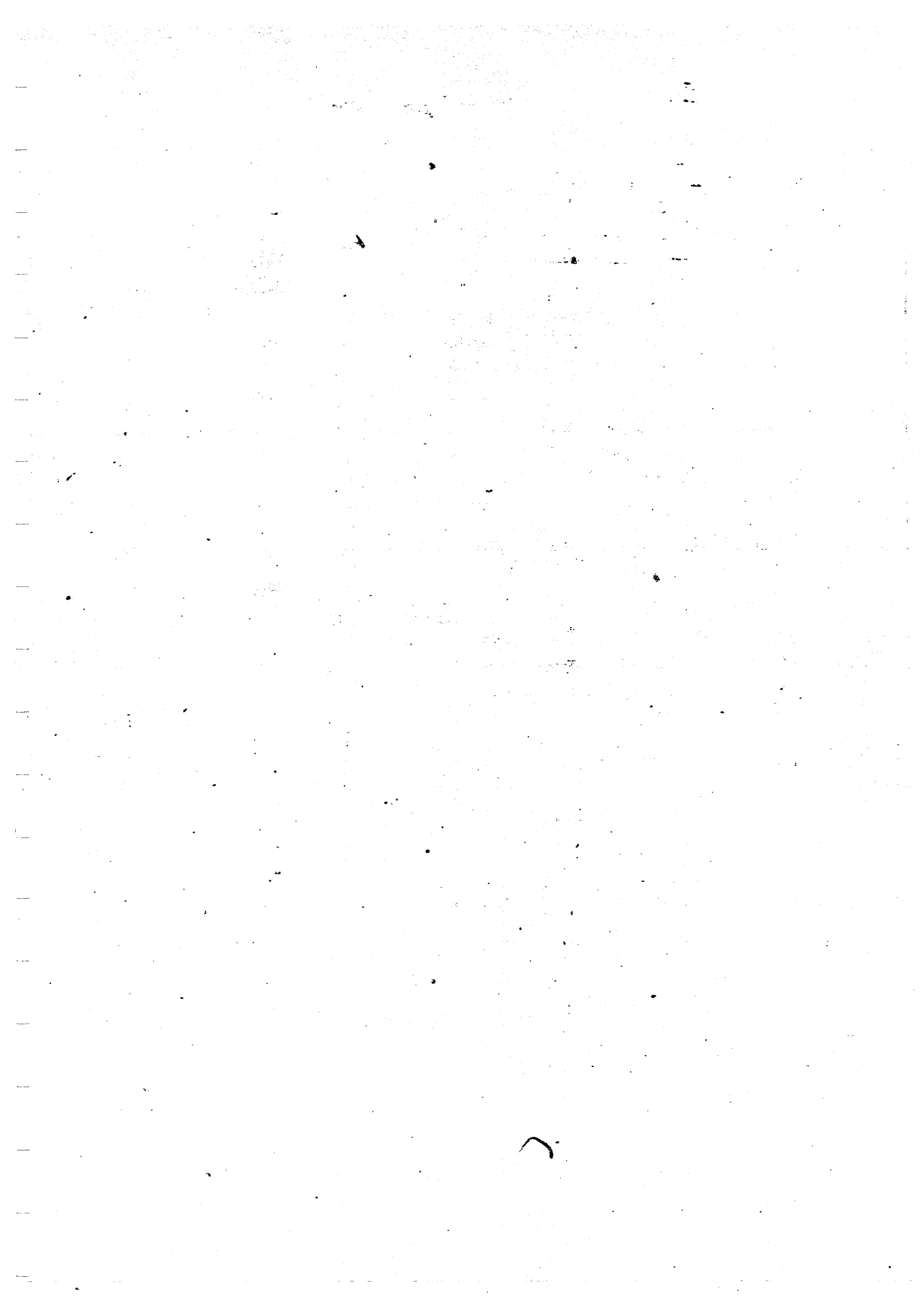
۵-۱- در طریقه اول اگر نشست حاصل از فشار ۱ پوند بر اینچ مربع اندازه‌گیری شود ضریب عکس‌العمل خاک بستر معادل  $K = \frac{10}{d}$  میشود که در آن نشست اندازه‌گیری شده بر حسب اینچ است.

۵-۲- اگر فشار وارد و نشست های حاصله ترسیم گردند شکل حاصله یک خط مستقیم نخواهد بود در حالیکه اگر فرضیه و مترگارد کاملاً دقیق و صادق باشد نمایش این تغییرات باید بصورت خط مستقیمی در آید. در این طریق ضریب  $K$  معمولاً معادل ضریب زاویه خطی است که نقطه مبدا را بنقطه ۰.۰٪ اینچ نشست در منحنی آزمایش متصل کند بعبارت دیگر  $K = \frac{P}{0.02}$  که واحد آن بر حسب پوند بر اینچ مربع بر اینچ است و در آن فشاری است که ایجاد ۰.۰٪ اینچ نشست کرده است.

۵-۳- این دو طریقه وقتی  $K = 200$  باشد با یکدیگر برابر میشوند



70 glaw d'ap'is





## آزمایش ثی بی آر (C.B.R)

### مقدمه

- ۱ - ۱ - آزمایش ثی بی آر که مخففاً کلمه California Bearing Ratio است اولین بار در سال ۱۹۲۹ توسط اداره راهسازی ایالت کالیفرنیا در آمریکای شمالی برای ارزیابی خاکهاییکه برای قشر بستر جاده و یا قشرهای زیر اساس و اساس بکار میرفت بوجود آمد . بعداً در دوران جنگ جهانی دوم اصلاحاتی در آن بوجود آمد تا در ساختن فرودگاهها و در محاسبه و طرح ضخامت رومنازی های اسفالتی نیز بکار رود .
  - ۱ - ۲ - نتایج آزمایش ثی بی آر را نمیتوان دقیقاً با یکی از مشخصات ذاتی و اصلی خاک مانند چسبندگی و یا زاویه اصطکاک داخلی مرتبط کرده و مقایسه نمود ، لیکن از آنجائیکه طبیعت آزمایش و تغییر شکل نمونه در مقابل بارگذاری ، تغییر شکل برشی است میتوان آنرا اندازه گیری متفاوت برشی غیر مستقیم خاک در نظر گرفت ( که در شرایط کنترل شده رطوبت و وزن واحد حجم آزمایش میشود ) .
  - ۱ - ۳ - نتیجه آزمایش ثی بی آر بصورت عدد مقاومت نسبی خاک است که ثابت نبوده و تنها در شرایطی که از نظر رطوبت - وزن واحد حجم - نسبت بارگذاری خاک کاملاً مشخص باشد صادق است ، لذا در این آزمایش سه محدودیت زیر وجود دارد :
    - ۱ - ۳ - ۱ - روش آزمایش باید دقیقاً رعایت شده و در نظر گرفته شود تا بتوان نتایج حاصله را با نتایج آزمایشات مشابه دیگر مقایسه کرد - این نکته مخصوصاً در مورد رطوبت و تراکم خاک حایز کمال اهمیت است .
    - ۱ - ۳ - ۲ - نتیجه آزمایش ثی بی آر تنها « عدد » تجربی مقاومت خاک است که نمیتوان مستقیماً از آن عوامل مؤثر در مقاومت را بدست آورده و یا آنها را بیکدیگر ارتباط داد .
    - ۱ - ۳ - ۳ - نتایج ثی بی آر فقط باید در محاسبه روشی که آزمایش برای آن بوجود آمده است بکار رود و کاربرد دیگری از آن اصولی و منطقی نیست .
  - ۱ - ۴ - آزمایش ثی بی آر هم در آزمایشگاه صورت میگیرد و هم میتوان آنرا در محل و در شرایط موجود بکار برد .
- اگر بجهت آزمایش محلی و در شرایط ساخته شده مورد نظر در خیلی از موارد دارای

مزایائی است لیکن از آنجائیکه تحقیقات انجام شده درباره تطابق نتایج محلی و آزمایشگاهی تکمیل نشده است و از آنجائیکه کنترل آزمایشگاهی که در هر حال در نتیجه آزمایش اثر جدی دارد در آزمایشگاه بسیار دقیقتر است تا کنون روش آزمایشگاهی کاربرد بیشتری دارد.

### ۲- اصول آزمایش ثی بی آر (C.B.R)

۱- ۲- تعریف - هرگاه فشار لازم برای نفوذ یک استوانه استاندارد بمقطع سه اینچ مربع در داخل خاکی که تحت شرایط معین و مشخص از رطوبت و تراکم آماده شده است باندازه مشخصی باشد با فشاری که همین استوانه استاندارد برای همان میزان نفوذ در داخل سنگ شکسته مشخص و استاندارد لازم دارد سنجیده شود نسبت دو فشار یکدیگر را درصد ثی بی آر آن مصالح گویند

فشار لازم برای نفوذ استوانه در خاک

$$C.B.R = \frac{\text{فشار استوانه در سنگ شکسته}}{\text{فشار استوانه در خاک}} \times 100$$

فشار استاندارد لازم برای نفوذ استوانه در سنگ شکسته مشخص

چنانکه از تعریف فوق بر میآید ثی بی آر در حقیقت « درصدی » از فشار استاندارد است که کلمه درصد حذف شده و بطور ساده عدد ثی بی آر مانند ۳ یا ۸ یا ۲۴ گفته میشود.

۲- ۲- فشار استاندارد که در بالا برای نفوذ استوانه ۳ اینچ برعی در داخل سنگ شکسته آهکی مشخصی لازم است عبارت است از

میزان نفوذ استوانه بر حسب اینچ      فشار استاندارد - بر حسب پوند بر اینچ مربع

۱۰۰۰	۰/۱۰
۱۵۰۰	۰/۲۰
۱۹۵۰	۰/۳۰
۲۳۰۰	۰/۴۰
۲۶۰۰	۰/۵۰

۲- ۳- عدد ثی بی آر معمولا بر اساس میزان ۰/۱ اینچ نفوذ استوانه استاندارد در خاک است و هرگاه عدد ثی بی آر بدست آمده در ۰/۲ اینچ بیشتر از عدد ۰/۱ اینچ نفوذ باشد آزمایش باید تکرار گردد و اگر در تجدید آزمایش مجدداً عدد ثی بی آر بدست آمده در ۰/۲ اینچ نفوذ بیشتر از ۰/۱ اینچ نفوذ باشد در چنین صورتی عدد ثی بی آر خاک مورد آزمایش عدد بدست آمده در ۰/۲ اینچ است.

۲- ۴- آزمایش باید با خاکی صورت گیرد که قبلا آزمایش تراکم روی آن بعمل آمده است و میزان رطوبت خاک باید برابر « رطوبت معقول optimum » که از آزمایش تراکم بدست میآید باشد.

از نظر تراکم اگر آزمایش تراکم بروش آشوی اصلاح شده و یا آشوی استاندارد بعمل آمده باشد تعداد ضربه ها و تعداد لایه های خاک و وزن چکش ( انرژی وارده بر خاک ) بشرح زیر خوانده بود .

روش آزمایش	تعداد ضربه ها	تعداد لایه ها	وزن چکش بر حسب پوند
آشوی اصلاح شده T ۱۸۰ طریقه های A یا B	۵۶	۵	۱۰
آشوی استاندارد T ۹۹ طریقه های A یا B	۵۶	۳	۵/۵

واضح است که رطوبت معقول خاک مورد آزمایش رطوبتی است که از آزمایش تراکم ( روش آشوی اصلاح شده و یا آشوی استاندارد ) بدست آمده باشد .

۲ - ۵ - آزمایش در شرایط تراکم و رطوبت ذکر شده و یکبار پس از چهار روز غوطه ور کردن در آب صورت میگیرد لذا در موقع تهیه کردن خاک دو نمونه با یکدیگر ساخته ، یکی را باید بلافاصله تحت آزمایش قرار داد و دیگری را با شرایط کنترل شده برای مدت ۹۶ ساعت در آب غوطه ور کرد .

بر روی نمونه ای که در آب غوطه ور میشود سرباری معادل حداقل ۴/۵ کیلوگرم ( ۱۰ پوند ) باید قرار داد این سربار معادل قشرهای روسازی فرودگاه ( یا جاده ) و با سایر لایه هایی است که بر روی خاک قرار میگیرد ، سربار نامبرده بصورت صفحه مشبکی است که دارای دسته ای در وسط است و وزنه هایی برای تکمیل وزن مورد نظر بر روی این صفحه مشبک قرار میگیرد . سربار یا وزن ذکر شده در هر دو حالت آزمایش می بی آر ( غوطه ور در آب و بلافاصله پس از ساخته شدن نمونه ) باید قرار داده شود .

۲ - ۶ - بر نمونه ای که مدت چهار روز داخل آب قرار میگیرد آزمایش تورم را باید انجام داد و با قرار دادن یک عمربه باید تغییرات ارتفاع خاک را ( تورم خاک را ) دو هر ۲۴ ساعت یکبار قرائت کرد . و درصد انبساط را محاسبه نمود .

آزمایش می بی آر بر روی نمونه اشباع شده و اندازه گیری تورم آن دو نکته را روشن میکند .  
۲ - ۶ - ۱ - اطلاعاتی درباره انبساط خاک پس از آماده شدن و اتمام ساختمان فرودگاه ( یا جاده ) که تحت شرایط اشباع آب قرار گیرد بدست میدهد .

۲ - ۶ - ۲ - میزان نقصان و از دست دادن مقاومت خاک را بشرطی که تحت تاثیر آب قرار گیرد تعیین میکند .

۲ - ۷ - آزمایش توسط دستگاه جک مخصوص صورت میگیرد و بار وارده بر استوانه را بر حسب نفوذ استوانه در خاک باید قرائت کرد .

قرائت نفوذ از صفر شروع شده و معمولاً تا ۰/۵ . اینج پایان میابد ، قرائت در فواصل ۰/۲۵ . اینج است که نفوذ ۰/۱ و ۰/۲ . ضرابی از آن میباشد .

در مواردی نیز نفوذ ۰/۵ اینچ استوانه بدلیل طبیعت خاک امکان نداشته در اینصورت جدا کتر بار وارده یادداشت میشود .

### ۳- وسایل لازم

۳-۱- وسایل مورد نیاز ثنی بی آر عبارتست از:

یک قالب استوانه‌ای فلزی که قطر سطح مقطع آن ۶ اینچ ( ۱۵۲/۴ میلیمتر) و ارتفاع آن ۷ اینچ ( ۱۷۷/۸ میلیمتر)  
یک کلاهک که در بالای قالب قرار گرفته و ارتفاع آن ۲ اینچ ( ۵۰/۸ میلیمتر) است .

صفحه زیرین که مشبک بوده و قطر سوراخها در حدود  $\frac{1}{16}$  اینچ ( ۱/۶ میلیمتر) می باشد یک استوانه توپر فلزی که قطر سطح مقطع آن ۶ اینچ ( ۱۵۲/۶ میلیمتر) و ضخامت آن ۲ اینچ ( ۵۰/۸ میلیمتر) باشد ، این استوانه در داخل قالب ثنی بی آر قرار میگیرد تا پس از تراکم کردن نمونه خاک ارتفاع آن دقیقاً ۵ اینچ ( ۱۲۷ میلیمتر) گردد .  
یک چکش تراکم ۱۰ پوندی ( ۴/۵۴۰ کیلوگرم) که از ارتفاع ۱۸ اینچ ( ۴۶/۷ سانتیمتر) سقوط می کند .

سه پایه مخصوص با عقربه مخصوص با حساسیت ۰/۰۰۱ اینچ ( ۰/۲۵ میلیمتر) برای اندازه گیری انبساط خاک .

دستگاه فشار مخصوص ثنی بی آر که مجهز به پیستونی به قطر ۱/۹۵ اینچ که سطح مقطع آن ۳ اینچ مربع است و قادر است فشاری با سرعت تقریبی ۱/۲۵ میلیمتر دو دقیقه ( ۰/۰۵ اینچ در دقیقه ) وارد نماید .

### ۴- آماده کردن نمونه خاک برای انجام آزمایش

۴-۱- در حدود ۳۶ کیلوگرم از نمونه خاکی که قبلاً بر طبق روش ضمیمه شماره ۱ این دستورالعمل خشک شده است باید انتخاب کرد - این نمونه بوسیله چکش لاستیکی یا بوسیله مناسب دیگری نرم میشود بطوری که کاملاً بذرات کوچکتر که از یکدیگر باز و تفکیک باشند تبدیل گردد .

۴-۲- نمونه را سه قسمت تقریباً برابر تقسیم کرده و هر کدام باید چنانگانه از الک  $\frac{2}{4}$  اینچ ( حدود ۲۰ میلیمتر) و شماره ۴ ( حدود ۵ میلیمتر) عبور داده شود - از جزء باقیمانده روی الک  $\frac{2}{4}$  برای آزمایش صرف نظر شده و باید معادل آن از جزء عبور کرده از الک  $\frac{2}{4}$  اینچ و باقیمانده روی الک شماره ۴ برداشت و نمونه را کاملاً مخلوط کرده و در ظرف سر بسته ای که تبادل حرارتی نداشته باشد محفوظ نگهداشت .

۴ - ۳ - در حدود ۵۰۰ گرم از این نمونه آماده شده را باید برداشته و رطوبت آنرا با قرار دادن در دستگاه گرم کننده‌ای ( که حرارت آن بین ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد کنترل شود ) تعیین نمود .

۴ - ۴ - به نمونه آتندر باید آب اضافه کرد تا برابر معقول‌ترین درصد آب که از آزمایش تراکم بروش آشوی اصلاح شده بدست آید گردد .

نمونه را در پنج لایه که بهر لایه باید ۵۶ ضربه زده شود باید متراکم کرد و کلاهک آنرا برداشته و قسمت فوقانی آنرا با خط کش فلزی کاملاً مسطح نمود و وزن قالب بانمونه و از آنجا وزن واحد حجم مرطوب و خشک خاک را بدست آورد .

۴ - ۵ - بر روی صفحه زیرین قالب یک کاغذ صافی قرار داده و قالب را باید وارونه روی صفحه طوری قرار داد تا سطح فوقانی نمونه که قبلاً صاف و مسطح شده است در تماس با صفحه زیرین باشد و قسمت تحتانی قالب محسوب شود .

در قسمت فوقانی که پس از برداشتن از استوانه توپر باندازه ۵ سانتیمتر پائین تراز لبه قالب است باید یک کاغذ صافی قرار داد و صفحه مشبک آلومینیومی یا برنجی که دارای دسته قابل تنظیمی است بر روی آن گذارد و پس از قرار دادن سرباری معادل ۱۰ پوند ( ۴/۵۴ کیلوگرم ) سه پایه مخصوص اندازه‌گیری انبساط را روی آن گذاشته عقربه را در صفر میزان کرد و برای مدت چهار روز در آب گذاشته و در هر ۲۴ ساعت میزان انبساط آن را اندازه‌گیری و یادداشت نمود ( در صد انبساط از حاصل تقسیم میزان انبساط که در روز چهارم بدست آمده است بر ارتفاع نمونه که در اینمورد ۵ اینچ است در عدد ۱۰۰ بدست می‌آید ) .

۴-۶- پس از چهار روز باید نمونه را از آب خارج کرده دستگاه تعیین انبساط - سربار و صفحه مشبک و کاغذ صافی را با رومی و بدون آنکه دست خورده شود برداشته و پس از ۱ دقیقه نمونه را وزن کرد و سپس زیر دستگاه ثی بی آر برای آزمایش نفوذ قرار داد و یک سربار ۱۰ پوندی ( که داخل آن سوراخی برای قطراستوانه دستگاه ثی بی آر داشته باشد ) بر روی آن گذارد و استوانه دستگاه را بر روی سطح خاک قرار داد و با وارد کردن فشار کمی حدود ۴/۵ کیلوگرم باید از تماس تمام سطح استوانه و سطح خاک اطمینان حاصل کرد .

هر دو عقربه دستگاه را روی صفر قرارداد و با گردش یکنواخت دستگاه سرعتی معادل ۰/۰۵ اینچ در دقیقه ایجاد کرد .

۴-۷- میزان بار وارده که ایجاد نفوذی معادل ۰/۲۵ - ۰/۵۰ - ۰/۷۵ - ۰/۱۰۰ - ۰/۱۲۵ - ۰/۱۵۰ - ۰/۱۷۵ - ۰/۲۰۰ - ۰/۲۵۰ - ۰/۳۰۰ - ۰/۳۵۰ - ۰/۴۰۰ - ۰/۴۵۰ - ۰/۵۰۰ اینچ نماید باید در فرم مخصوص یادداشت شود .

۴-۸- سپس فشار را باید از روی نمونه حذف کرد و باید نمونه‌ای از تمام طول خاک جیت رطوبت ( پس از غوطه‌ور شدن ) گرفته شود .

۴-۹- منحنی فشار - مقدار نفوذ را باید از ارقام بدست آمده رسم کرده و تصحیح لازم را که بعلمت ناصافی سطح خاک ممکن است در نقطه اولیه منحنی بوجود آید انجام داد و نقطه صفر را تصحیح نمود. سپس نقاط ۱/۱. اینج نفوذ و ۲/۲. اینج نفوذ قرائت و ثبت میگردد و ثی بی آر خاک از رابطه زیر بدست میآید.

$$\text{CBR}(\%) = \frac{X}{y} \quad X = \frac{a D}{3}$$

که در آن :

X = فشار واحد بر استوانه دستگاه که معادل ۱/۱. اینج نفوذ از روی منحنی بدست آمده است ( برحسب پوند بر اینچ مربع )

y = فشار استاندارد برحسب پوند بر اینچ مربع ( که قبلا ذکر گردید و مربوطه به سنگ شکسته آهنی مخصوص است )

a = ارزش یک واحد از عتربه فشار سنگ

D = درجه عتربه که ۱/۱. و یا ۲/۲. اینج یادداشت شده است.

ثی بی آر بدست آمده در ۱/۱. باید بزرگتر از ۲/۲. باشد.

۴-۱۰- ثی بی آر را میتوان از روی منحنی تصحیح شده در نقاط ۱/۱. و ۲/۲. اینج

و تقسیم آنها بترتیب بر ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ بدست آورد. برای آنکه ثی بی آر برحسب درصد بدست آید هر یک از ارقام بدست آمده بر ۱۰۰ تقسیم میشود.

۴-۱۱- میتوان یک سری آزمایش تراکم و ثی بی آر با درجات مختلف تراکم بر روی

خاک انجام داد و تغییرات ثی بی آر خاک را بر حسب میزان رطوبت و درجه تراکم بدست آورد - چنین اطلاعاتی در مرقع کنترل بسیار مفید و ارزنده است.

۴-۱۲- برای بدست آوردن چنین اطلاعاتی بدو آزمایشهای تراکم متفاوت بر روی نمونه

خاک که در قالب ۶ اینچی ( ۱۵ سانتیمتر ) و با چکش ۱۰ پوندی ( ۴/۵۴۰ کیلوگرم ) و در ۵ لایه ریخته و متراکم شده است باید انجام داد.

سه نمونه از خاک بشرح زیر متراکم میشود.

قالب اول در هر لایه ۱۲ ضربه با چکش نامبرده.

» » قالب دوم در هر لایه ۲۶ ضربه

» » قالب سوم در هر لایه ۵۵ ضربه

باین ترتیب منحنی تغییرات تراکم برحسب انرژیهای وارده فوق بدست خواهد آمد.

اگر نقاط حداکثر وزن واحد حجم سه آزمایش را بیکدیگر متصل کنند از اتصال آنها یک خط مستقیم بدست خواهد آمد :

۴ - ۱۳ آزمایش ثنی بی‌آر بر روی نمونه‌های اشباع شده که میزان انبساط آنها نیز تعیین شده است انجام می‌گیرد و باین ترتیب یک سری منحنی که تغییرات ثنی بی‌آر را برحسب وزن واحد حجم در رطوبت‌های مختلف مشخص میکند بوجود می‌آید .

۴-۱۴- با در دست داشتن منحنی‌های فوق هر لحظه میتوان با تعیین میزان رطوبت روزن واحد حجم خشک خاک متراکم شده ثنی بی‌آر مربوطه را بدست آورد .





ضمیمہ اشعار



## روش کنترل تراکم در کارگاه

۱- مقدمه

۱-۱- طریقه متداول اندازه‌گیری میزان تراکم خاک در کارگاهها تعیین وزن واحد حجم خشک « Dry Density » خاک در محل تراکم شده است .  
برای این کار طرق مختلفی بکار برده میشود و برای استفاده در عملیات فرودگاهها دو طریقه ساده‌تر و معروفتر بنام طریقه جابجائی با ساسه و طریقه « غشاء بادکنکی » کافی است .  
۱-۲- اصول هر دو طریقه جابجائی با ساسه و « غشاء بادکنکی » یکی است و آن عبارت است از گرفتن مقداری از خاک مرطوب تراکم شده و توزین آن از چاله‌ای که بهمین منظور حفر شده است و چنانچه بطریقی حجم چاله ( که خاک مرطوب از آن بدست آمده ) معلوم گردد در اینصورت وزن واحد حجم خاک مرطوب بدست خواهد آمد .

$$\text{وزن واحد حجم خاک مرطوب } (\gamma_w) = \frac{\text{وزن خاک مرطوب}}{\text{حجم چاله}}$$

و چنانچه خاک را خشک کرده و درصد رطوبت آن تعیین گردد وزن واحد حجم خاک خشک از این رابطه بدست می‌آید :

$$\text{وزن واحد حجم خاک خشک} = \frac{\gamma_w}{1+W}$$

که W درصد رطوبت است .

۱-۳- نکته اساسی در این آزمایش تعیین حجم چاله است و روشهای مختلف برای پیدا کردن دقیق این حجم تدوین شده است .

## ۲- وسایل لازم

وسایل لازم برای طریقه جابجائی با ساسه عبارتند از ظرف مخصوص ماسه که قیف و شیر معین در انتهای آن پیچ میشود .  
صفحه زیر با سوراخ دایره شکل که در وسط آن تعبیه شده و قطر آن دقیقاً برابر قطر بزرگترین دایره قیف است .  
قلم و چکش و قاشق و قلم مو و سایر وسایل حفر یک حفره ظرف مخصوص نگهداری نمونه .

ترازوی دقیق .

وسایل تعیین رطوبت .

و در طریقه « غشا بادکنکی » نیز دستگاه مخصوص اندازه گیری حجم و بالنهاى مربوطه  
وسایل حفر یک حفره مانند قلم چکش و تاشق و قلم .

وسایل لازم برای تعیین رطوبت .

### ۳- اصول گاهی در روش

۳-۱- در روش غشا بادکنکی یا روش بالون پس از حفر حفره و برداشتن نمونه و توزین آن ، دستگاه را روی حفره نصب کرده و بکمک تلمبه ساده دستی آیرا توسط بالونی داخل حفره کرده و حجم حفره را مستقیماً از روی شیشه مدرج که آیرا بداخل بالون فرستاده است اندازه گیری میکنند .

قبل از شروع آزمایش صفر دستگاه تصحیح شده است . شیشه مدرج در حقیقت نقش مخزن آیرا داشته و حجم آب اولیه آن دقیقاً معلوم است ، وقتی بکمک تلمبه آب وارد حفره گردید و دیگر وارد شدن مقدار بیشتری مقدور نبود حجم نقصان یافته آب حجم حفره مورد آزمایش است .

در این روش باید دقت کرد که شکل حفره تا حد ممکن نزدیک بیک استوانه کامل بوده و خیلی بی شکل و کج و معوج نباشد و از طرفی قطعات سنگ تیز و گوشته دار که باعث پاره شدن بالون شود در حفره وجود نداشته باشد .

۳-۲- در روش جایجائی ماسه که حجم حفره مورد آزمایش بطور غیر مستقیم بدست میآید ماسه کاملاً شسته شده و یک اندازه بکار میبرند .

ماسه تعیین حجم میتواند از الک شماره ۲ عبور کرده و روی الک شماره ۳ باقی بماند و یا از الک شماره ۳ عبور کرده و روی الک شماره ۴ باقی بماند گاهی نیز از الک شماره ۳ عبور کرده و روی الک شماره ۵ را هم بکار میبرند (استاندارد آمریکائی ASTM اندازه هائی را که از الک شماره ۱ عبور کرد و روی الک شماره ۲ باقی بماند نیز توصیه کرده است) .

باید دانست اگر ماسه یک اندازه باشد از تفکیک آن در موقع ریختن بدرون حفره جلوگیری نمیشود ( یک حجم از ماسه خیلی ریز دارای وزنی بیشتر از همان حجم ماسه درشت است و یک حجم از ماسه مخلوط دانه بندی شده حتی از همان حجم ماسه ریز نیز سنگینتر است) ، اگر وزن واحد حجم خشک این ماسه را قبلاً تعیین کرده و آنرا داخل ظرف تعیین چگالی نموده و توسط قیف و صفحه زیرین آن با احتیاط داخل حفره بریزند و ریزش ماسه را آنقدر ادامه یابد تا به شبر تخلیه رسیده و عبور ماسه قطع شود ، مقدار ماسه عبور کرده

برابر حجم حفره و حجم قیف پر شده است و چون حجم قیف معلوم است ( میتوان آنرا بر روی یک سطح شیشه‌ای قرار داده و با باز کردن شیر حجم آنرا از روی ماسه بدست آورد ) وزن ماسه‌ای که داخل حفره شده است تعیین میگردد . ( تفاضل وزن اولیه ماسه و وزن نیائی با اضافه وزن ماسه داخل قیف ) و باین ترتیب حجم ماسه داخل حفره که برابر حجم خود حفره است از رابطه زیر بدست میآید

$$\text{حجم حفره} = \frac{\text{وزن ماسه داخل حفره}}{\text{وزن واحد حجم خشک ماسه}}$$

۴- نکات مهم در آزمایش تعیین میزان تراکم زری طریق ذکر شده  
 ۴-۱- دستگاه غشا بادکنکی با بالون فقط در دو اندازه وجود دارد (حدود ۱۴۰۰ و ۲۱۰۰ سانتیمتر مکعب ) و دستگاه جایجائی ماسه نیز معمولا شیشه یک گالنی است ، حفره مورد آزمایش نسبت بسطح و یا حجم خاکریز حجم بسیار کوچکی است بنابراین باید دقت شود که کوچکترین جزئی از خاک بدست آمده از حفره از بین نرود و خاک مربوطه کاملا جمع‌آوری شود و گرنه نتیجه حاصله ممکن است توام با اشتباه باشد .  
 ۴-۲- سرعت عمل در برداشتن خاک از حفره نیز حایز کمال اهمیت است زیرا خاک مرطوب بوده و در هوای آزاد مخصوصا اگر هوا آفتابی و یا دارای وزش باد باشد مقداری از رطوبت خود را از دست می‌دهد .

خاکی که از داخل حفره بسرعت جمع‌آوری و بدست آمده است نباید در زیر تابش آفتاب و یا در معرض باد و هوا قرار گیرد و باید در داخل ظرف غیر قابل نفوذی در سایه محفوظ بوده و بمحض اتمام عملیات حفر گسانه توزین گردد و وزن مرطوب آن یادداشت شود برای بدست آوردن رطوبت خاک باید تمام نمونه را برای این منظور بکار برد و از بکار بردن قسمتی از نمونه برای تعیین رطوبت اجتناب کرد .

۴-۳- قبل از شروع بحفر حفره باید صفحه مربوطه را در سطحی که بهمین منظور کاملاً مسطح شده و تمام صفحه با سطح زمینی در تماس است تثبیت کرد و سپس اقدام بحفر حفره کرد .

۴-۴- هر قدر اندازه حفره بزرگتر باشد نتیجه بدست آمده دقیقتر است و چون حفره باید از داخل صفحه زیر دستگاه حفر گردد لذا هر قدر دستگاه بزرگتر بکار برده شود نتیجه حاصله دقیق‌تر خواهد بود .

۴-۵- عمق حفره باید در حدود قطر سطح دایره دستگاه و یا قطر دهانه حفره باشد .  
 برای قشرهای اساس و زیر اساس بهتر است از دستگاه ۱۲ اینچی ( ۳۰ سانتیمتر قطر دهانه قیف آزمایش ) استفاده نمود .

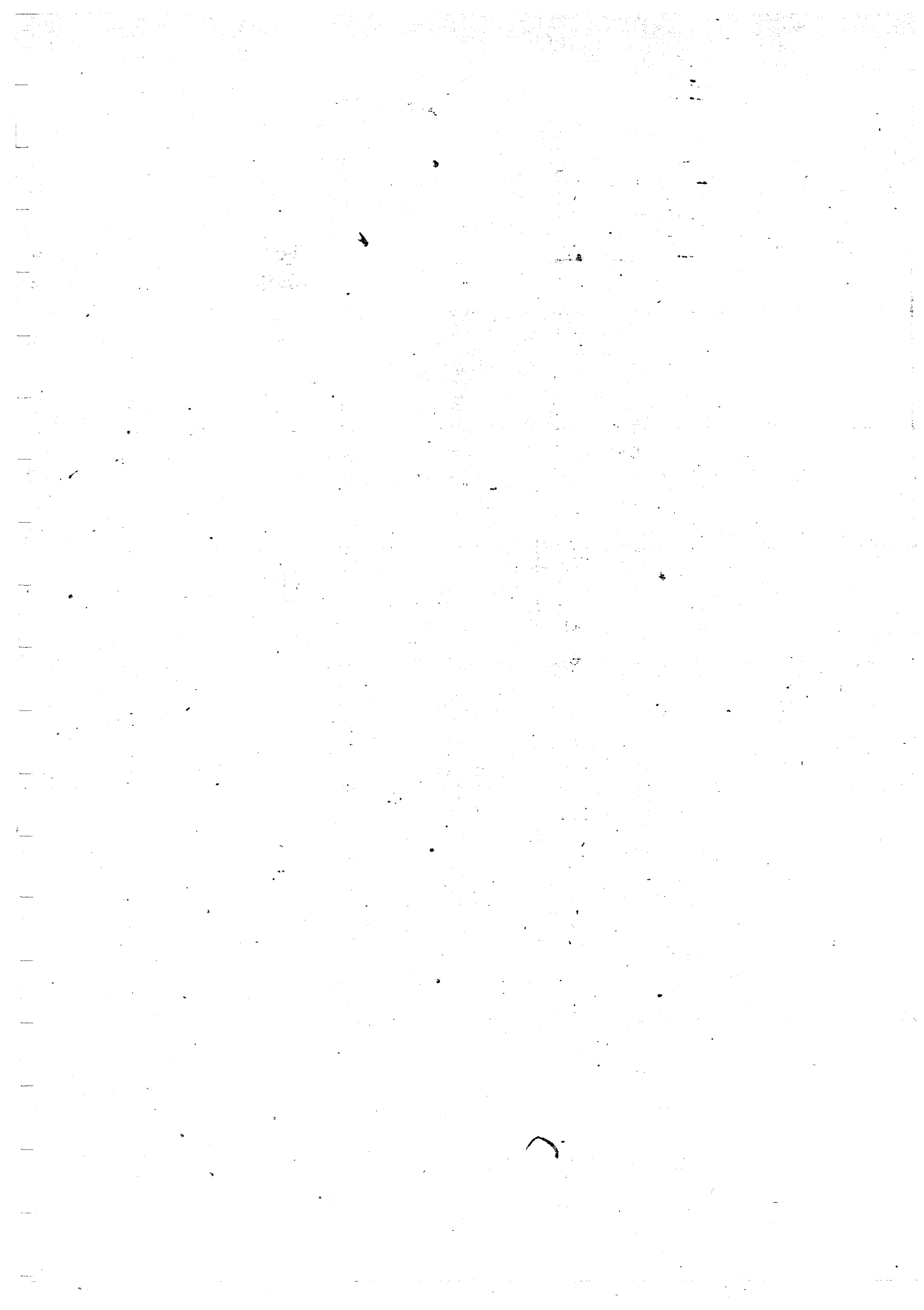
برای قشر بستر فرودگاه از دستگاه ۶ اینچ ( ۱۵ سانتیمتر ) نیز میتوان استفاده کرد در

هرحال در هیچیک از لایه‌های ساختمانی فرودگاه برای تعیین میزان تراکم بروش جابجائی ماسه نمیتوان از دستگاه کوچکتر از ۶ اینچ ( ۱۵ سانتیمتر) استفاده کرد .  
 ۶-۴- برای دانستن اندازه حفره و ارتباط آن با بزرگترین اندازه مصالح در قشری که بدست آوردن تراکم آن مورد نظر است از جدول زیر نیز میتوان استفاده کرد .

میزان آیکه پس از خشک کردن تمام نمونه بدست آمده است	حجم حفره آزمایش	حداکثر اندازه ذرات خاک
۱۰۰ سانتیمتر مکعب	۷۰۰ سانتیمتر مکعب	اگر تمام مصالح ریزتر از الک شماره ۴ (تقریباً ۵ میلیمتر) باشد
۲۵۰ سانتیمتر مکعب	۱۴۰۰ سانتیمتر مکعب	اگر تمام مصالح ریزتر از الک شماره ۱/۲ اینچ (تقریباً ۲/۵ میلیمتر) باشد
۵۰۰ سانتیمتر مکعب	۲۱۰۰ سانتیمتر	اگر تمام مصالح ریزتر از الک شماره ۱ اینچ (تقریباً ۲۵ میلیمتر) باشد
۱۰۰۰ سانتیمتر مکعب	۲۸۰۰ سانتیمتر مکعب	اگر تمام مصالح ریزتر از الک شماره ۲ اینچ (تقریباً ۵۰ میلیمتر) باشد

۶-۴- در موقع آزمایش بروش جابجائی ماسه از ایجاد هرگونه حرکت ارتعاشی چه در روی زمین و چه در موقع اندازه‌گیری حجم قیف - و یا در موقع تعیین وزن واحد حجم ماسه باید خودداری کرد .

λογιστική





## محاسبه طرح مخلوط آسفالتی به طریق مارشال

۱ - مقدمه

۱-۱ - از طرق مختلفی که برای طرح مخلوط آسفالت بتنی متداول است دقیقترین و منطقیترین طریقه را شاید بتوان طریقه مارشال نامید .

این طریقه اینک از طرف انجمن آزمایش مصالح آمریکا بشکل روش استاندارد درآمده است در این روش مقاومت روانی خمیری شکل مخلوط قیر یاشن و ماسه توسط دستگاه مخصوصی بنام دستگاه مارشال اندازه گیری میشود . این طریقه فقط در آسفالتهائی که بطریق گرم تهیه و بکار برده میشود و قیر مصرفی در آن از نوع قیر نفوذی است قابل انطباق و قابل اجراء است ، همچنین این طریقه برای کارهای آزمایشگاهی کنترل در کارگاه بکار میرود .

### ۲ - اصول روش مارشال

۲-۱ - محاسبه طرح مخلوط آسفالتی بر روش مارشال بر این اساس قرار دارد که باید نمونه هائی از مخلوط شن و ماسه ( با مشخصات و دانه بندی و درصد معین ) را گرم و با مقدار معینی قیر گرم مخلوط کرد و سپس در قالبهائی که قطر سطح مقطع آن چهار اینچ ( ۱۰۱/۶ میلیمتر ) و تا ارتفاع  $\frac{1}{4}$  اینچ ( ۳/۵ میلیمتر ) است تحت شرایط معلومی متراکم نمود . این عمل برای درصدهای مختلفی از قیر بصورت افزایش نیم درصد تا حد کفایت ادامه مییابد .

۲-۲ - بر روی نمونه های آماده شده دو خاصیت اصلی اندازه گیری میشود که اولی تجزیه و تحلیل و تعیین تغییرات چگالی - میزان منافذ ( Density-Void Analysis ) دیگری آزمایش پایداری - روانی ( Stability - Flow Test ) بر روی نمونه ها متراکم شده است .

چگالی یا وزن واحد حجم نمونه یعنی وزن واحد حجم حقیقی «Bulk Density» نمونه تحت شرایطی که نمونه ساخته و آماده شده است و میزان منافذ یعنی درصد خلل و فرج موجود در همین نمونه می باشد .

پایداری نمونه ها عبارتست از حداکثر مقاومت در مقابل فشار قائم وارده از دستگاه استاندارد وقتی که نمونه ها در درجه حرارتی برابر ۶۰ درجه سانتیگراد ( ۱۴۰ درجه فارنهایت )

آزمایش شوند.

روانی نمونه میزان تغییر شکل و حرکتی است که بین دو حالت قبل از آزمایش و پس از اتمام آزمایش پایداری در نمونه بوجود میآید.

۳-۲- در عمل ابتدا قبل از شروع آزمایش باید میزان قیر مناسب برای اختلاط را حدس زده و جمعاً شش نقطه با شش درصد را بصورت افزایش نیم درصدی لوری آزمایش کرد که حداقل دو نقطه آن بیشتر از درصد مناسب باشد.

البته قبل از افزایش قیر بمخلوط نکات زیر را نیز باید رعایت کرد.

الف - خصوصیات مصالح مصرفی باید با مشخصات مورد نظر تطبیق داشته باشد.

ب - دانه بندی هر یک از اجزاء و دانه بندی مخلوط شن و ماسه نیز بر اساس

احتیاجات و مشخصات باشد.

پ - بمنظور بررسی و تحلیل چگالی و درصد منافذ وزن مخصوص حقیقی Specific Gravity

هر یک از اجزاء شن و ماسه (بتفکیک) و قیر اندازه گیری شود.

۴-۲- برای هر نقطه مورد آزمایش باید سه نمونه ساخت و متوسط مشخصات سه نمونه

را معادل گیری نمود.

اگر شش نقطه مورد آزمایش قرار گیرد هیچده نمونه برای بررسی هر اختلاط لازم است

وزن هر نمونه حدود ۱۲۰۰ گرم است و میزان شن و ماسه دانه بندی شده مورد نیاز

برای هر بررسی حدود ۲۲ کیلوگرم و میزان قیر مورد نیاز حدود ۴ لیتر است.

### ۳- وسایل لازم

وسایل لازم برای تهیه و آزمایش نمونه مخلوط قیر و شن و ماسه عبارتست از:

۳-۱- دستگاه گرم کننده برقی - گازی و یا سیستم دیگر که قادر باشد تا هر درجه

دلخواه و کنترل شده ای شن و ماسه و قیر را گرم نماید و نیز دستگاه گرم کننده مناسب دیگر

برای گرم کردن چکش و قالب های خالی.

۳-۲- وسایل لازم که بتوان اجرای شن و ماسه قیر و مخلوط قیر و شن و ماسه را در آن

ریخته و بدرجه حرارت دلخواه گرم کرد و وسایل دیگر برای برداشتن و ریختن مصالح شن و

ماسه و قیر.

۳-۳- حرارت سنج که از ۱ تا ۲۳۰ درجه سانتیگراد (۴۰ تا ۴۴۰ درجه فارنهایت)

مدرج باشد.

۳-۴- ترازو بظرفیت ۰ کیلوگرم با حساسیت یک گرم برای توزین شن و ماسه و ترازوی

دیگر بظرفیت ۲ کیلوگرم بحساسیت ۱/۱ گرم برای توزین قیر و نمونه های اسفالتی.

۳-۵- ظرف مخصوص مخلوط کردن قیر با شن و ماسه و دستگاه بهم زن مخصوص

اسفالتی.

۶-۳- آبگرم کن الکتریکی با ترموستات .

۷-۳- قالب فلزی و کلاهک اضافی آن - قالب دارای قطر چهار اینچ (۱.۱/۶ میلیتر) و ارتفاع ۳ اینچ (۷۷/۲ میلیتر) است - صفحه زیر و کلاهک آن طوری تعبیه شود که بهر دو سر قالب قابل تعویض باشد .

۸-۳- چکش مخصوص تراکم - انتهای این چکش صفحه مدور مسطحی به محور اصلی چکش ثابت شده و وزنه ای بوزن ۱۰ پوند (۴۰۴ گرم) روی محور اصلی آن قابل حرکت است و از ارتفاع ۱۸ اینچ سقوط میکند . قطر صفحه مدور ثابت و کمی کمتر از ۴ اینچ ( $3 \frac{7}{8}$  اینچ) است، این صفحه بانتهای چکش ثابت شده است .

۹-۳- یک قطعه چوبی بزرگ که در زیر قالب تراکم قرار میگیرد بابعاد ۲۰ x ۲۰ در ۵ سانتیمتر برای متراکم کردن اسفالت دهننگاه خاصی روی این قطعه چوبی نصب شده که قالب را در جای خود بحال ثابت نگه میدارد .

۱۰-۳- یک مخصوص خارج کردن مخلوط اسفالتی از داخل قالب .

۱۱-۳- دستگاه چک آزمایش مارشال - دستگاه چکی است که نیروی مورد نظر را توسط قالب نیم دایره خاصی بر روی نمونه مورد آزمایش بصورت یکنواختی وارد میکند فشار وارده توسط حلقه فولادی تعیین مقاومت Proving Ring که قبلا کالیبره شده است و با کمک عقربه های حساسی اندازه گیری میشود .

بادستگاه چک آزمایش مارشال پایداری اسفالت اندازه گیری میشود و در حین اجرای آزمایش و با کمک عقربه دیگری روانی اسفالت نیز اندازه گیری میگردد .

۱۲-۳- ترازوی مخصوص تعیین وزن حقیقی مخلوط اسفالتی در درجه حرارت معمولی و در حال غوطه ور بودن در آب .

#### ۴- روش آزمایش مارشال

۱-۴- ابتدا باید شن و ماسه مورد آزمایش را باجزء و اندازه های مناسب توسط الکهای مناسب تفکیک کرد عمل انجام اجزاء شن و ماسه اگر دستور مشخص و معینی نداشته باشد میتواند باجزء زیر تفکیک شود .

عبور کرده از الک ۱ اینچ (۲۵/۴ میلیتر) و باقیمانده روی  $\frac{3}{8}$  اینچ (۹/۱ میلیتر)  
عبور کرده از الک  $\frac{3}{8}$  اینچ (۹/۱ میلیتر) و باقیمانده روی  $\frac{2}{8}$  اینچ (۹/۵۲ میلیتر)  
عبور کرده از الک  $\frac{2}{8}$  اینچ (۹/۵۲ میلیتر) و باقیمانده روی الک شماره ۴ (۴/۷۶ میلیتر)  
عبور کرده از الک شماره ۴ (۴/۷۶ میلیتر) و باقیمانده روی الک شماره ۸ (۲/۳۸ میلیتر)  
عبور کرده از الک شماره ۸ (۲/۳۸ میلیتر) .

۲-۴- وزن مخصوص های هر جزاز شن و ماسه و فیلر را باید چندانگانه تعیین کرد و

سپس متادیر لازم از هر یک از اجزاء تفکیک شده شامل پودر سنگ (فیلر) را برای بررسی شش نقطه مختلف که هر نقطه نیم درصد وزن قیر با نقطه دیگر اختلاف داشته باشد را برداشت هر جزء را باید کاملاً شسته و در ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک نموده.

توزین مصالح باید بصورتی باشد که مخلوط حاصله پس از اختلاط از نظر دانه بندی دارای شرایط مشخصات مورد نظر باشد. شن و ماسه و فیلر را باید مجدداً در حرارت بالا تا موقع مصرف نگاه داشت و قیر را نیز قبل از مصرف با حرارت غیر مستقیم آنتدرگرم کرد تا در موقع مخلوط کردن دارای غلظت حدود  $1.0 \pm 0.8$  و در موقع متراکم کردن دارای غلظتی حدود  $1.0 \pm 1.4$  با دستگاه سیرلت فیول Saybolt Furol باشد.

قالب چکش و کلاهک قالب و صفحه زیر آن و هم چنین ظرف مخلوط کننده و پروانه بهم زن باید در آبجوش و یا حرارت خشک (ولی بدون آنکه موضعی گرم شوند) حرارت داده شوند. درجه حرارت متناسب بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد است.

۳-۴- شن و ماسه و فیلر گرم را باید در ظرف مخلوط کننده ریخت و ابتدا بصورت خشک مخلوط کرد سپس قیر لازم را بوسیله تفاضل توزین با آراسی و آهستگی به شن و ماسه مخلوط شده اضافه کرد و کاملاً توسط دستگاه بهم زن الکتریکی مخلوط نمود. مخلوط را میتوان همچنین بطور دستی ولی بشکلی که مخلوط حاصل دارای توزیع شن و ماسه و قیر مساوی باشند انجام داد.

۴-۴- از مخلوط اسفالتی گرم با اندازه ۱۲۰۰ گرم (و یا با برداشتن آن مقهور از مخلوط که در قالب تا  $2/5$  اینچ ( $23/5$  میلیمتر) را پر نماید) برداشته و پس از زدن چند ضربه بایک کاردک گرم با طرف و قسمت بالا، مخلوط را باید کمی از اطراف داخلی قالب بطرف مرکز آن جمع نمود، سپس باید کلاهک را مجدداً قرار داد و در حالیکه محور چکش تراکم خیلی نزدیک بقائم در قالب نگهداشته میشود ۷ ضربه بر آن وارد نمود، بعداً صفحه زیر و کلاهک را باید باز کرد و قالب را سروته کرد، مجدداً باید ۷ ضربه دیگر با انتهای دیگر قالب زد و پس از باز کردن قالب آنرا در محیط آزاد گذاشت تا تقریباً هم حرارت اطاق کار شود.

اگر خنک کردن سریع نمونه مورد لزوم باشد میتوان از بادبزن برقی استفاده کرد ولی نمونه را نباید با آب خنک کرد مگر آنکه قبلاً آنرا در دو کیسه پلاستیکی کاملاً محفوظ کرده سپس آنرا توسط آب خنک نمود.

پس از آنکه نمونه ها بدرجه حرارت محیط رسید بکمک جک آنها را از داخل قالب خارج نموده و برای مدت چندین ساعت (معمولاً برای روز بعد) در سطح صاف و مسطحی باید قرار داد تا آزمایش شوند.

۴-۵- چگالی نمونه ها بیکدیگر از سه طریقته مشهور (بر اساس روش توصیه شده در آخرین

جزوه اسفالت انستیتو بشماره ۲- Ms و بنام طرق طرح اختلاط برای اسفالت‌های بتنی (Methods For Asphalt Concrete) اندازه‌گیری میشوند.

۴-۶- نمونه‌ها را باید در آئیکه دارای درجه حرارت  $1 \pm 0.5$  درجه سانتیگراد است برای مدت ۳ تا ۴ دقیقه قرار داد و در همین موقع عقربه روانی سنج را در جای خود آزمایش کرده و آنرا روی صفر میزان نمود و دستگاه آزمایش مارشال برای انجام آزمایش آماده میشود.

نمونه‌ها را از آب خارج کرده و در بین دو نیمه قالب آزمایش که آنها نیز حدود ۴ تا ۵ درجه در آب گرم شده‌اند باید قرارداد و در قسمت مرکزی ماشین مارشال گذارده و عقربه روانی سنج را روی آن قرار داد.

۴-۷- دستگاه را روشن کرده تا آنتدر فشار بر نمونه وارد شود که سرعت فشار دستگاه برابر ۵ سانتیمتر در دقیقه شود، وارد کردن فشار باید آنتدر ادامه یابد تا نمونه شکسته شود، این فشار که بر حسب پوند بر اینچ مربع یا کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌باشد پایداری نمونه‌ها در شرائط ۶۰ درجه سانتیگراد نامیده میشود.

۴-۸- در همانحالی که آزمایش پایداری ادامه دارد عقربه تعیین روانی را نیز باید محکم بر جای خود فشار داد و مرتباً و بطور مداوم ارقام آن را ملاحظه کرد تا بمحض شکستن نمونه روانی مربوطه که معمولاً بر حسب  $\frac{1}{100}$  اینچ و یا گاهی بر حسب میلیمتر است ملاحظه شده و ثبت گردد.

۴-۹- تمام آزمایش پایداری و روانی از لحظه‌ای که نمونه از آب خارج میشود تا پایان آزمایش باید حدود ۳ ثانیه بطول انجامد.

۴-۱۰- پس از اتمام آزمایش پایداری - روانی باید بررسی و تحلیلی نیز برای چگالی و میزان منافذ انجام داد و برای اینکار متوسط وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های مختلف از هر درصد قیر را باید حساب کرد (ارقام کاملاً اشتباه در محاسبه وارد نمیشوند) و متوسط چگالی (وزن واحد حجم) نمونه‌های مختلف از هر درصد قیر نیز حساب میگردد و سپس منحنی تغییرات متوسط چگالی‌ها نسبت در صد قیر افزوده شده ترسیم میگردد.

۴-۱۱- بر اساس وزن مخصوص حقیقی شن و ماسه و اندازه‌گیری‌های حد اکثر وزن مخصوص تئوری مخلوط اسفالتی درصد قیر جذب شده در داخل ذرات شن و ماسه و درصد منافذ هوا «Air void» و درصد منافذ موجود در شن و ماسه و فیلر (V.M.A) که مخفف *Void in Mineral Airable* است باید محاسبه گردد.

۵- محاسبات و جداول و منحنی‌های آزمایش مارشال و تعیین مناسب‌ترین درصد قیر  
۵-۱- ارقام پایداری که بر حسب کیلوگرم یا پوند قرائت گردیده نسبت به  $\frac{2}{5}$  اینچ ارتفاع ( $\frac{3}{5}$  میلیمتر) تصحیح میگردد - این تصحیح یا بر اساس متوسط ارتفاع اندازه‌گیری

شده و یا حجم نمونه بعمل میآید. سپس باید ارقام روانی هر نمونه را اندازه‌گیری کرد و پس از حذف ارقام اشتباه معدل گرفت و در مقابل هر درصد از قیر که ثبت میگردد منحنی تغییرات زیر ترسیم گردد.

الف - پایداری نسبت به درصد قیر

ب - روانی نسبت به درصد قیر

پ - چگالی (وزن واحد حجم) مخلوط آسفالتی نسبت به درصد قیر

ت - درصد منافذ نسبت به درصد قیر

ث - درصد خلل و فرج در شن و ماسه (V.M.A) نسبت به درصد قیر

۲-۵- منحنی‌های بدست آمده بالا تقریباً دارای مشخصات زیر خواهند بود:

الف - پایداری یا افزایش قیر به ترتیباً اضافه شده سپس بیک نقطه حداکثر رسیده و پس از

آن با افزودن قیر بمخلوط پایداری کم میشود.

ب - روانی بطور منظم و پیوسته‌ای با افزایش قیر زیاد میشود

پ - منحنی تغییرات چگالی مخلوط آسفالتی شبیه منحنی تغییرات پایداری است ولی

متعارفاً نقطه حداکثر کمی با نقطه حداکثر پایداری متفاوت است بدین معنی که نقطه حداکثر چگالی با درصد قیر بیشتری بوجود میآید.

ت - درصد منافذ با افزایش درصد قیر نقصان می‌یابد تا آنکه بمجانبی نزدیک شده

و بحد اقل تقریباً ثابتی میرسد.

ث - درصد خلل و فرج موجود در شن و ماسه معمولاً با افزایش قیر ابتدا کم شده

تا بحد اقلی رسیده و سپس با افزایش درصد قیر در مخلوط افزایش مییابد.

۳-۵- مناسبترین درصد قیر برای یک مخلوط آسفالتی از روی منحنی‌های ترسیم

شده قبلی و مخصوصاً با توجه به درصدهای قیر که از سه منحنی و مشخصات زیر بدست

میآید بدو تعیین میشود:

الف - درصد قیری که بالاترین پایداری را ایجاد میکند.

ب - درصد قیری که بیشترین چگالی و یا تراکم را بوجود آورده است

پ - متوسط درصد منافذ مناسب.

سپس متوسط معدل سه بالا را با توجه بمعیارهای زیر بدست آورده و از آنجا مناسبترین

درصد قیر برای مخلوط آسفالتی مورد نظر بدست خواهد آمد

۴-۵- معیارهای مورد نظر بر اساس احتیاجات و وظیفه و نوع آسفالت باید معین

شود در مواردی که معیارهای مورد لزوم تعیین نشده باشد از معیارهای جدول راهنمای

زیر میتوان استفاده کرد:

حد اکثر	حداقل	شرح
-	۳۵۰ کیلوگرم (۷۷۰ پوند) ۸ (۲ میلیمتر)	۱- پایداری ۲- روانی مخلوط آسفالتی
۰	۰	۳- درصد منافذ: برای آسفالت رویه
۸	۳	۴- درصد منافذ برای آسفالت زیره یا اساس آسفالتی
-	۱۰۰	۵- درصد خلل و فرج موجود در شن و ماسه برای آسفالت رویه با داشتن بزرگترین اندازه شن $\frac{1}{4}$ اینچ (۱۲/۷ میلیمتر)
-	۱۳	۶- درصد خلل و فرج موجود در درشن و ماسه برای آسفالت زیره و یا اساس آسفالتی با داشتن بزرگترین اندازه شن اینچ (۲۰/۴ میلیمتر)

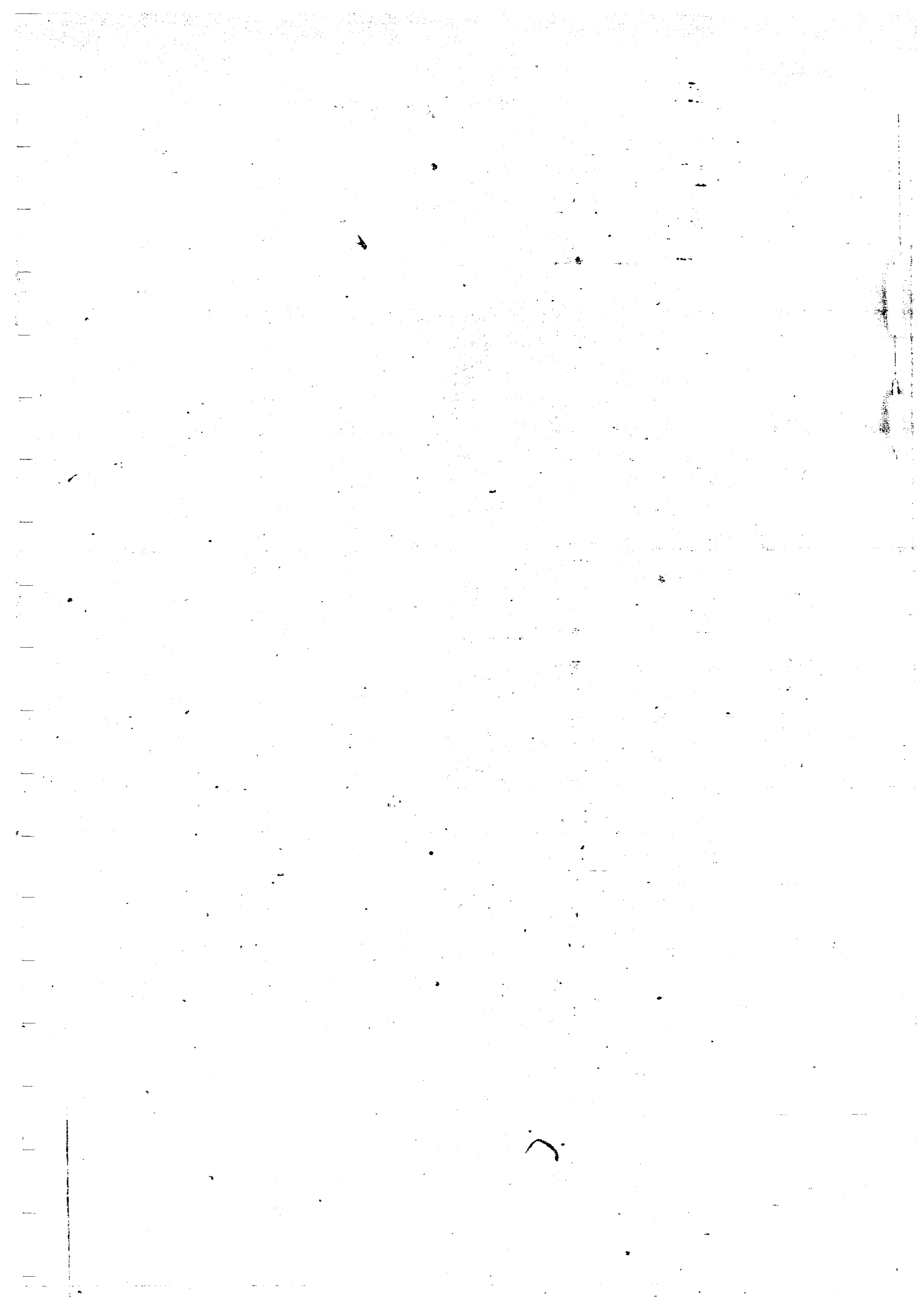
۵-۶- انتخاب مناسب‌ترین درصد قیر باید در جهت قیر زیاد بعمل آید و اگر پایداری و یا میزان منافذ بطور غیر منتظره‌ای بالا و یا پائین باشد چنان مخلوط آسفالتی مورد پسند نبوده و احتمال دارد پس از مدتی بصورت شکسته و یا خیلی سخت و غیر قابل اتعاطاف در آید و ترك خوردگی و شکاف در آن پدیدار میشود.

در هر حال باید با توجه بمسائل اقتصادی مخلوط آسفالتی و درصد قیر مناسب را انتخاب کرد. و در هیچ حالتی نباید پایداری کمتر از حداقل داده شده انتخاب شود و یا روانی بیش از حداکثر داده شده باشد. تحت شرایط کاملاً استثنائی درصد منافذ را میتوان تا یک درصد کم و بیش روا داشت.





ضمیمہ شماره ۹۵



## طرز تهیه و پخش و تراکم قشر اساس اسفالتی

### ۱- تعریف کلی قشر اساس اسفالتی

قشر اساس قیری از اختلاط صحیح و مناسب مصالح سنگی با دانه بندی پیوسته و قیر با درجه نفوذ مناسب تهیه و سپس با پخش و کوبیدن کافی تکمیل میگردد. در تهیه اساس اسفالتی باید بدو هم مصالح سنگی و هم قیر مصرفی را تا حرارت معینی گرم کرده و در ماشینهای مخصوص تهیه اسفالت گرم کاملاً مخلوط و ساخت شود و سپس آنرا با وسایل نقلیه مناسب حمل و توسط پخش کننده‌های مکانیکی (فینشر) گسترده و در حالیکه دارای گرما و درجه حرارت معینی باشد با غلتک راه متراکم نمود.

### ۲- کاربرد قشر اساس اسفالتی

بکار بردن قشر اساس اسفالتی در زیر رویه بتنی فرودگاههای مهم شامل نکات زیر است

۱-۲- تأمین یکنواختی توزیع فشار

۲-۲- مقابله مؤثر بانفوذ آب و یخ بندان

### ۳- خصوصیات قشر اساس اسفالتی

خصوصیات قشر اساس اسفالتی شامل نکات زیر است :

استحکام - وزن مخصوص - میزان فضای خالی - میزان فضای خالی که توسط قیر پر

شده است - روانی .

مشخصات قشر اساس اسفالتی بستگی به عواملی نظیر عوامل زیر دارد :

۱-۳- خواص کلی مصالح سنگی از قبیل درجه سختی - مقاومت فشاری - استحکام

پایداری در مقابل عوامل جوی و شیمیائی میزان شکستگی - فرم شکستگی ها و دانه بندی آنها .

۲-۳- مشخصات قیر مصرفی

۳-۳- درصد قیر مصرفی

۴-۳- نحوه اختلاط و میزان درجه حرارت مصالح سنگی و قیر مصرفی و مخلوط در

هنگام اختلاط

۵-۳- نحوه پخش و میزان درجه حرارت مخلوط قشر اساس قیری در هنگام پخش

۶-۳- درجه حرارت قشر اساس قیری در هنگام کوبیدن

۷-۳- نوع وسیله تراکم و میزان تراکم

#### ۴ - خصوصیات مصالح سنگی

##### ۴ - ۱ - تهیه مصالح سنگی

اصولاً بهتر است که تهیه مصالح سنگی بدلیل یکنواختی و یکسانی نوع از یک منبع (یا یک معدن اصلی) صورت گیرد.

۴ - ۲ - باید متادیری از مصالح طبیعی معدن منتخب را بصورت نمونه معرف برداشته و آزمایشهای لازم را برای اطمینان از حصول خصوصیات مورد نظر بر روی آنها بعمل آورد. نتایج آزمایشات قابل قبول بشرح زیر است:

۴ - ۲ - ۱ - از نظر استحکام در مقابل سائیده شدن - باید میزان سائیدگی آن در آزمایش استاندارد لوس آنجلس و بازاء ۰.۰۵ دور گردش دستگاه از ۰.۴ درصد تجاوز ننماید.

۴ - ۲ - ۲ - از نظر پایداری و مقاومت عوامل جزی - در آزمایش تحلیل یا سولفات سدیم (به روش آزمایش ۵۷ - ۱.۰۴ در مقابل ۰ بار آبیایش مذکور افت وزن آن از ۹ درصد تجاوز نکند.

۴ - ۲ - ۳ - از نظر حد روانی و ضریب خمیری مصالح رده شده از الک شماره ۴ به ترتیب از ۲۵ درصد و ۳ کمتر باشد.

۴ - ۲ - ۴ - از نظر هم ارزنامه در مصالح رده شده از الک شماره ۴ از ۰.۵ کمتر نباشد.

##### ۴ - ۳ - تهیه و تفکیک مصالح سنگی

۴ - ۳ - ۱ - مصالح سنگی مصرفی در قشر اساس قیری منحصراً باید از منبع یا معدنی که قبلاً بررسی و مرغوبیت آن تأیید و محل آن در مشخصات خصوصی معین شده است تهیه شود.

۴ - ۳ - ۲ - مصالح سنگی را باید بصورت زیر تفکیک کرد:

مصالح درشت دانه به ابعاد ۱ تا  $\frac{1}{4}$  اینچ (۲۵ تا  $\frac{12}{5}$  میلیمتر)

مصالح متوسط به ابعاد  $\frac{1}{4}$  تا الک نمره ۸ ( $\frac{12}{5}$  میلیمتر تا ۴ میلیمتر)

مصالح ریزدانه به ابعاد ریزتر از الک شماره ۸

۴ - ۳ - ۳ - هر یک از قسمتهای تفکیک شده باید بصورت جدا از هم انبار شوند.

##### ۵ - طرح اختلاط اسفالت

۵ - ۱ - قبل از شروع عملیات اسفالتی باید طرح اختلاط اسفالتی با مصالح سنگی

که دانه بندی مجموع آنها حتی المقدور نزدیک بدستوسط جدول کلی مشخصات باشد در آزمایشگاه تهیه شود. این طرح اختلاط اسفالتی توسط روش مارشال صورت گرفته و نتایج لازمه که شامل پایداری اسفالت - وزن مخصوص - میزان فضای خالی - میزان فضای پر شده توسط قیر و میزان روانی آن است معلوم شده و از آنجا مناسبترین درصد قیر تعیین گردد.

۵ - ۲ - پس از آنکه طرح اختلاط قشر اساس اسفالتی با تعیین دانه بندی مصالح سنگی و

مقدار قیر لازم معین گردید و کارخانه اسفالت کار اساسی خود را شروع کرد باید از محصول کارخانه نمونه‌های مختلفی گرفته و آنها را آزمایش و قیر بکار رفته را استخراج نمود و با تصحیح بخازن شن و ماسه سرد و گرم و نیز با تصحیح میزان قیر استخراج شده اسفالت پخته شده را تا حد ممکن نزدیک بطرح اختلاط قشر اساس اسفالتی نمود.

۵ - ۳ - پس از تنظیم درجه‌ها و تصحیح نسبت‌های اختلاط از مصالح گرم کارخانه بمقدار کافی نمونه برداری نموده و پس از آنکه دانه بندی مخلوط حاصله بکمک سرندهای استاندارد تنظیم گردید طرح قطعی اختلاط قشر اساس اسفالتی تعیین و برای اجرا ابلاغ میگردد حد رواداری مقدار قیر در قشر اساس اسفالتی  $\pm 3\%$  درصد وزن کل مخلوط میباشد.

۵-۶- قیر مصرفی در قشر اساس اسفالتی

انتخاب نوع قیر بستگی بشرایط جوی و میزان بارندگی و درصد رطوبت منطقه وسایر عوامل جغرافیائی دارد.

۵ - ۴ مقدار درصد قیر مصرفی

درصد قیر مصرفی باید از نتایج حاصل از آزمایش بارشال تعیین شود مناسبترین درصد قیر را که از معدل گیری خاصیت پایداری - وزن مخصوص - روانی - میزان فضای خالی - میزان فضای خالی پر شده توسط قیر بدست میآید در جهت بالاترین درصد قیر بکار رفته در یکی از عوامل فوق نیز انتخاب میگردد.

۶- گرم کردن مصالح و قیر مصرفی و میزان حرارت آن

۶-۱- گرم کردن قیر بمنظور انتقال آن بمخازن مصرفی باید بملایمت و تأثیری صورت گیرد بعلاوه برای انتقال قیر از مخزن مصرفی بداخل دستگاه مخلوط کننده باید از سیستم گرم کننده روغن استفاده گردد.

۶-۲- درجه حرارت قیر در هر یک از دو انتقال و تا مصرف آن در داخل دستگاه مخلوط کننده نباید از ۱۵۰ درجه سانتیگراد تجاوز کند - در داخل دستگاه مخلوط کننده و برای اختلاط با شن و ماسه این درجه نباید از ۱۷۷ درجه سانتیگراد بیشتر شود.

۶-۳- مخلوط شن و ماسه نیز باید کاملاً گرم شده بطوریکه درجه حرارت آن دو حد ۱۲۰ تا ۱۷۵ درجه باشد.

۷- اختلاط مصالح سنگی و قیر

اختلاط صحیح و کامل مصالح سنگی و قیر از عوامل مهم تأمین خصوصیات مطلوب قشر اساس اسفالتی است این اختلاط باید طوری صورت گیرد که محصول خارج شده از دستگاه مخلوط بکرنک و یک نواخت باشد. زمان لازم برای این اختلاط نیز حدود ۵ ثانیه است که در پایان آن باید درجه خروجی دستگاه مخلوط کن خود بخورد باز شده و مخلوط آماده شده را تخلیه نماید.

## ۸ - پخش قشر اساس اسفالتی

۸ - ۱ - پخش قشر اساس قیری باید توسط دستگاههای پخش کننده مکانیکی (فینیشرهای مجهز) انجام شود.

۸ - ۲ - فینیشر باید بنحوی مجهز باشد که در پخش قشر اساس قیری با ضخامت معینی احتیاج به استفاده از قالب یا لوله‌های فلزی صاف نداشته و بتواند قشر اساس قیری را با ضخامت مورد نظر صاف و منظم پخش کند بطوریکه سطح اسفالت بدست آمده صاف - بدون درز - بدون بریدگی - و بی موج باشد.

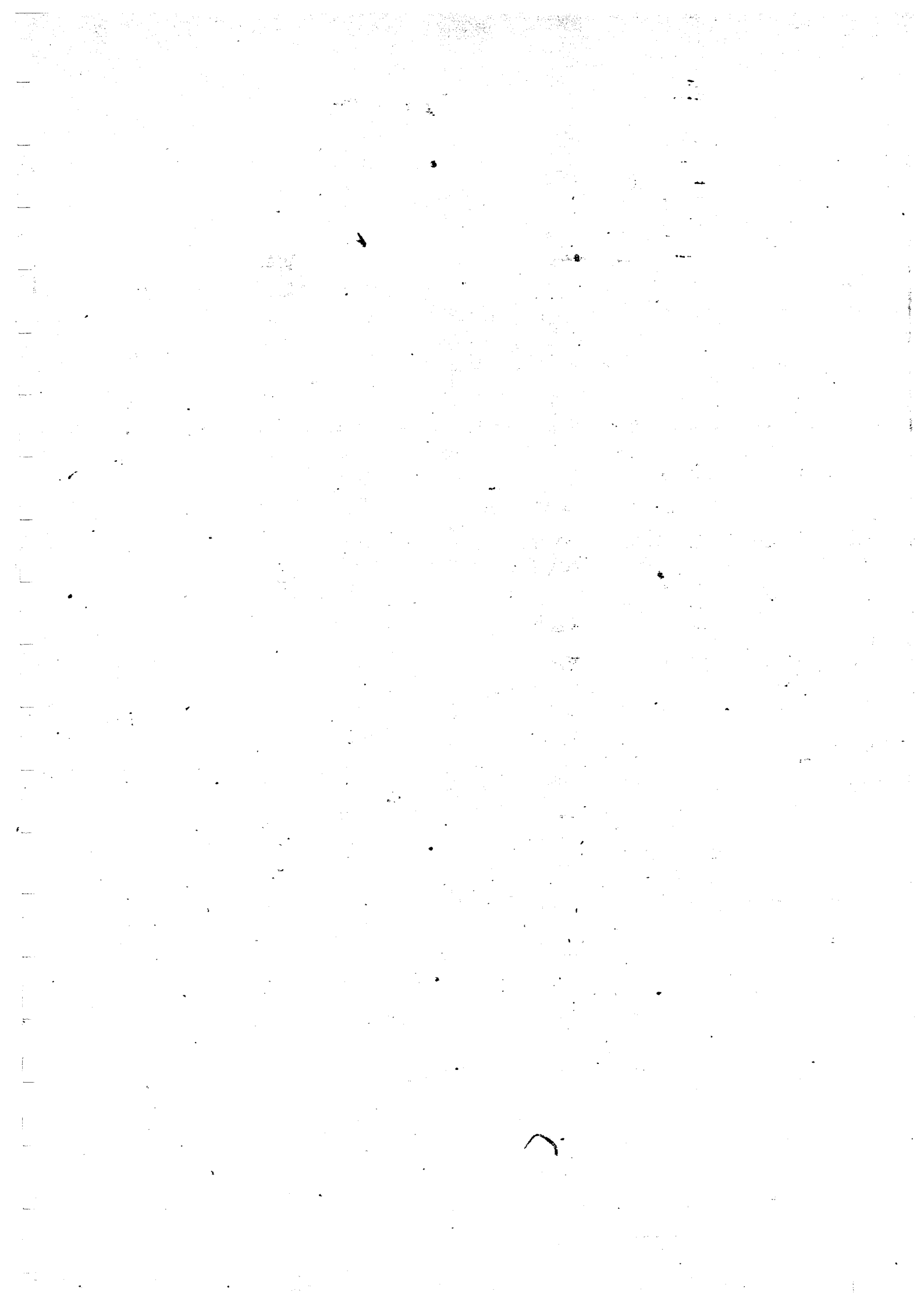
۸ - ۳ - فینیشر باید مجهز وسیله گرم کننده جهت گرم نگاهداشتن مخلوط و تسهیل امر پخش باشد.

۸ - ۴ - درجه حرارت قشر اساس اسفالتی در محل باید بین ۱۰۰ تا ۱۶۰ درجه سانتیگراد باشد.

۸ - ۵ - بلافاصله پس از پخش عمل غلتک زدن میتواند شروع شود - برای این کار ابتدا از غلتک‌های سبکتر و سپس از غلتک‌های سنگین تر چرخ لاستیکی و غلتک‌های قائم باید استفاده کرد. غلتک‌های چرخ لاستیکی که وزن آنها تا ۳۰ تن بالغ میگردد برای ایجاد تراکم کافی ضروری است.

۸ - ۶ - میزان تراکم قشر اساس اسفالتی نباید از ۹۸٪ حداکثر وزن مخصوص اسفالت که از آزمایش مارشال بدست آمده است کمتر باشد.

۱۰۰ گلوکوز





## مشخصات زیر اساس خاك و سيمان

۹ - مقدمه

۱-۱- برای تحکیم و مقاوم کردن قشر زیر اساس لایه‌ای بضامت ۵ سانتیمتر از مخلوط یکنواخت خاك و سیمان و آب بکار می‌رود. بنام قشر زیر اساس خاك و سیمان نامیده می‌شود.

۲-۱- کیفیت زیر اساس خاك و سیمان بجهار عامل زیر بستگی دارد :

۱-۲-۱- نوع خاك

۲-۲-۱- مقدار سیمان

۳-۲-۱- میزان تراکم

۴-۲-۱- طریقه مخلوط کردن

از بین عوامل فوق نوع خاك مهمترین و جدی ترین عامل است و اگر خاك نامناسب باشد نمیتوان نتیجه مطلوب را بدست آورد.

۳-۱- خاکی که بتوان برای زیر اساس خاك و سیمان بکار برد بصورت مصالح انتخابی از همان کارگاه و یا بصورت مصالح قرضه انتخابی می‌باشد.  
خاك باید از نظر کیفیت و دانه بندی یکنواخت و منظم باشد. بصورت دانه دانه بوده و از هرگونه ریشه نباتی و سایر مواد آلی عاری باشد  
بعلاوه خاك باید فاقد کلوخه‌های رسی بوده و سهولت و سادگی قابل مخلوط کردن با آب و سیمان باشد.

۴-۱- صرفنظر از ریشه نباتی و سایر مواد آلی، از نظر شیمیائی نیز نباید خاك ترکیبات مضره با سیمان بوجود آورد و میزان املاح زیان آور مانند سولفات‌ها و املاح نیدراته مشابه درخاك نباید زیاد باشد.

۵-۱- بررسی مقدماتی آزمایشگاهی میتواند مناسب بودن خاك و حتی مقدار لازم سیمان را برای این هدف مشخص نماید. این آزمایشها معمولاً شامل آزمایشهای شناسائی تراکم تعیین مقاومت فشاری استحکام و پایداری- تعیین میزان مواد آلی در خاك - تعیین میزان سولفات در خاك است.

پخش کردن مواد قرضه باید طوری صورت گیرد که از تفکیک ذرات آن جلوگیری بعمل آید.

۲- روشهای اجرایی تهیه و تراکم زیر اساس خاک و سیمان بر حسب ماشین آلات هر بوطه به گروه اصلی طبقه بندی میشوند.

۱-۱-۲- مخلوط کردن در جا و در محل کار

۱-۱-۲- مخلوط کننده های متحرك و منقل کننده

۱-۲-۳- مخلوط کننده های مرکزی و ثابت

از سه گروه بالا اقتصادی ترین و معروف ترین آنها گروه اول بوده و نیز مورد توصیه است.

۲-۲- قشر زیر اساس خاک و سیمان در مواقعی که درجه حرارت هوا کمتر از ۷ درجه

سانتیگراد بوده و یا هوا بارانی و برفی و یا مه آلوده باشد نباید اجرا گردد.

۲-۲- وسایل و ماشین آلات دستگاههایی که برای آماده ساختن - مخلوط کردن -

متراکم کردن و سایر کارهای لازمه بکار بیرون همگی باید در شرایط قابل قبول کار کردن بوده و مورد تأیید دستگاه نظارت قرار گرفته و در شرایط مکانیکی خوبی قرار داشته باشد.

۲-۳- قبل از شروع هر عمل باید سطحی که قشر زیر اساس خاک و سیمان آن ساخته

و آماده میشود کاملاً شکل صحیح بخود گرفته و از نظر شیب بندی - رقوم - خطوط تراز و ضخامت کاملاً مطابق نقشه ها و اصول فنی آماده شده باشد.

سطح زیرین و زیر اساس خاک و سیمان باید عاری از ریشه برك و ساقه نباتات و مواد

آلی باشد و نیز نقاطی که بدلیل ضعف خاصیت زهکشی و یا فشار موضعی ناشی از چرخ وسایل

تقلیه و بطور کلی هر ناحیه سست باید متراکم گردیده و کاملاً محکم گردد

بطوری که بدون هیچگونه تغییر مکان و با ایجاد نشستی وسایل و دستگاههایی که باید

قشر زیر اساس خاک و سیمان را آماده کنند از روی آن حرکت کنند.

با میکروبی چوبی و یا فلزی و یا قالب بندی برکناره ها و در قسمت مرکزی باند پرواز،

تاکسی روها و پارکینگ هواپیما ضخامت قشر زیر اساس خاک و سیمان را باید کاملاً کنترل کرد.

چنانچه باند پرواز و تاکسی رو دارای یک شیب باشد بمنظور حفاظت و نگهداری

و زهکشی بهتر باید عمل ریختن قشر زیر اساس خاک و سیمان از قسمت مرتفع تر شروع شده

و بقسمت کم شیب ختم شود و اگر از هر دو جهت عرضی شیب داشته باشد و قسمت برجسته

تر در مقابل عرضی در محور اصلی قرار داشته باشد باید ریختن قشر زیر اساس خاک و سیمان

از این نقطه شروع گردد.

۲- آماده کردن خاک و افزودن سیمان و آب

۱-۳- اگر خاک از مواد و مصالح قرضه و انتخابی نقاط دیگر است باید ابتدا آنرا

موازی با محور اصلی باند پرواز ریسه کرد و سپس بکمک وسایل مناسب مانند دستگاههای

پخش کنندم جعبه های توزیع و یا گریدر باید آنرا بطور یکنواخت و با یک ضخامت در تمام قسمت مورد نظر بحال سست و غیر متراکم پخش کرد .

پخش کردن مواد قرصه باید طوری صورت گیرد که از انفکیک ذرات آن جلوگیری بعمل آید. ۲-۲- اگر از خاک موجود در محل که مناسب بودن آن بتأیید دستگاه نظارت رسیده باشد استفاده شود باید آنرا قبلاً . کاملاً شخم زده و تا عمق لازم سست کرد و بصورت دان دان با اجراء خیلی ریز در آورد «Pulverize» سپس باید بادیسک و شخم زن تیغه ای تا عمق مورد نظر کاملاً خاک را زیر و رو کرده و خوب سست نمود و اگر محتوی قطعات درشتی است این قطعات را باید جمع کرد .

عملیات بالا را باید تا موقعی ادامه داد که خاک سست و زیر و رو شده یکنواخت و هم سطح که دارای ترازو شیب مورد نظر در نقشه ها باشد بدست آید .

۳-۳- کیسه های سیمان را باید ابتدا در نقاط مناسب قرار داد و بصورت یکنواختی در سطح پخش نموده عمل پخش میتواند بصورت دستی و یا مکانیکی انجام گیرد .

سیمان باید بتمام سطح پخش شده و در تمام نقاط سطح تقریباً بیک ضخامت باشد . سیمان را نیز میتوان بکمک کامیون و دستگاه های پخش کن مناسب مستقیماً از کامیون روی زمین پخش کرد . پس از پخش سیمان هیچگونه وسیله نقلیه ای جز دستگاه های آبیاشی - مخلوط کن و

متراکم کن نباید از روی آن بگذرد .

۳-۴- بلافاصله پس از پخش سیمان باید عمل مخلوط کردن سیمان با خاک صورت گیرد - دستگاه های مخلوط کننده باید قادر باشند تا عمق مورد نظر خاک و سیمان را کاملاً و یکنواخت مخلوط نمایند و باید توجه شود که سیمان با خاک پائین ترازو سطح مورد نظر مخلوط نگردد .

دستگاهها باید دارای ظرفیت مناسب و کافی برای مخلوط کردن صحیح و کامل و یکنواخت خاک و سیمان و آب بغلظت مورد نظر و تا عمق مورد نیاز باشند - این وسایل شامل شیارزن - مخلوط کن ، دیسک - چنگ و شن کش و سایر وسایل لازم دیگری باشند و عمل اختلاط باید آنقدر ادامه یابد تا مخلوطی یک رنگ و یکنواخت و یکنواخت تولید گردد . ۳-۵- آب لازم را که قبلاً میزان و مقدار آن تعیین شده است باید بهنگام و توأم با عمل اختلاط سیمان و خاک به مخلوط افزود .

آب بهتر است با ماشین های آبیاشی که دارای دستگاهها و عقربه های تعیین مقدار آب است پخش گردد . باید دقت کرد آب بان مقدار و میزان افزوده شود که مخلوط بشکل کم آب ترو «خشک تری» در آید تا متراکم کردن آن آسان تر و وساده تر باشد .

آب افزوده شده ( که باید قابل کنترل باشد ) باید آنقدر پخش شود که قادر باشد چگالی و وزن واحد حجم مورد نظر را پس از تراکم ایجاد کند .

مقدار آب خالص که بیخاک زده شده باید با توجه بمقدار تبخیر آن از موقع اختلاط تا موقع تراکم باشد و مقدار اصلی تصحیح شود.

همچنین اگر آب جذب شده و یا برعکس بمیزان آب موجود در خاک بدلایلی اضافه شود این نکات نیز باید در نظر بوده و تصحیح لازم در مقدار آب بعمل آید.

مقدار آب موجود در مخلوط خاک و سیمان نباید کمتر از حد معقول باشد و افزایش آن نباید از  $\frac{1}{8}$  میزان معقول نیز تجاوز نماید (حد معقول آب مخلوط خاک و سیمان را میتوان از روی طریقه توصیه شده در استاندارد آشو بشماره تی-۱۳۴ (AASHo134) تعیین کرد).

۳-۶- مخلوط خاک و سیمان که متراکم نشده و کار آن با تمام نرسیده است نباید بیشتر از سی دقیقه بحالت دست نخورده باقی بماند بعبارت دیگر حداکثر مدتی که پس از اختلاط کامل سیمان و خاک عمل متراکم کردن باید شروع گردد سی دقیقه است.

#### ۴- متراکم کردن

۴-۱- بلافاصله پس از اتمام عمل مخلوط کردن باید متراکم کردن آن شروع گردد. تراکم زیر اساس خاک و سیمان شامل دو قسمت است

در قسمت اول باید تمام لایه را (باستثنای سه سانتیمتر سطحی ترین قسمت آن) با کمک غلتک های پاچه پزی سنگین وزن متراکم کرد.

عمل غلتک زنی از پائین ترین لایه و سطح شروع شده و تا موقعی که تمام ضخامت لایه یکنواخت و بمیزان درصد تراکم لازمه متراکم گردد ادامه مییابد.

در قسمت دوم از غلتک های نوع سه چرخ فولادی - سه چرخ تاندم - غلتک های لاستیکی - غلتک های سنگین ضربه ای و یا غلتک های ارتعاشی بر حسب نوع خاک مربوطه باید استفاده گردد.

۴-۲- تعداد غلتکها و مدت غلتک زنی باید آنقدر ادامه یابد تا مخلوط خاک و سیمان بصورت یکدست و یکنواخت متراکم شود و مقدار تراکم باید حداقل برابر صد درصد حداکثر وزن واحد حجم خشک شود (وقتی بر طبق روش توصیه شده در استاندارد آشو بشماره تی ۱۳۴ بر روی نمونه معرف مخلوط خاک و سیمان که بلافاصله قبل از شروع عمل تراکم نمونه برداری شده و آزمایش انجام شود).

تعیین درصد تراکم را میتوان بر روش ماسه و ظرف مخروطی شکل و یا یوسیله آب و باران بدست آورد.

۴-۳- پس از آنکه قسمتهای تختانی و یا لایه زیری کاملاً متراکم شد و بمیزان تراکم صد درصد رسید باید با تیغه گیردریستی و بلندی ها و جای غلتک زنی را صاف کرد و لایه آخر را بخط ترازو یا رقوم و یا شیب بندی مورد نظر رسانید و سپس با غلتک مناسبی که وزن آن کمتر از ۸ تن نباشد باید آنرا متراکم کرد بطوریکه لایه کاملاً بصورت یکنواخت دفاتراز مورد نظر و بمیزان حداقل صد درصد تراکم برسد.

یادآوری - غلتک نباید زیاد سنگین باشد که باعث شکستن - خردشدن و یا ترکیدن مخلوط خاک و سیمان گردد .

۴-۴- مدت زمان غلتک زنی و متراکم کردن از لحظه آب زدن بمخلوط خاک و سیمان تا موقعه که سطح صاف - کاملاً یکنواخت متراکم شده ( و عاری از هرگونه شکاف و ترک و یا برجستگی و نا همواری و نیز عاری از هرگونه مواد مصالح مست دست آید نباید بیش از دو ساعت بطول انجامد .

۴-۵- تراکم سطح زیر اساس خاک و سیمان بمراتب با اهمیت تراز تراکم لایه زیر اساس خاک معمولی است و باید آخرین غلتک زنی را با غلتک سه چرخ فولادی متعارف ( و یا تا ندم و یا چرخ لاستیکی ) انجام داد. قبل از آخرین غلتک زنی میتوان از انواع غلتک های دیگر نیز استفاده کرد .

۴-۶- اگر غلتک از نوع فشاری بر سطح کوچک ( Tamping Rikler ) باشد باید هر یک از زائدها که بر روی استوانه اصلی جوش شده اند دارای طولی حداقل ۱۰ سانتیمتر بوده و سطح متناهی زائده ۳ تا ۶ سانتیمتر مربع باشد .

وقتی غلتک خالی باشد حداقل  $\frac{۸}{۵}$  کیلوگرم بر سانتیمتر مربع ( ۲۰ پوند بر اینچ مربع ) بر سطح خاک و سیمان باید فشار وارد نماید ( اگر غلتک از نوع سه چرخ معمولی و یا سه چرخ تاندم باشد و وزنی کمتر از ۸ تن نداشته باشد )

در مورد غلتک های لاستیکی باید دائماً مراقبت شود که فشار باد لاستیکها بیک اندازه بوده و میزان کهنگی و سایش لاستیکها نیز تقریباً باایر باشند . سطح مؤثر تماس غلتک لاستیکی ۱۰۰ سانتیمتر مربع و فشار وارده باید برابر ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر عرض چرخ لاستیکی است که با زمین تماس میگیرد باشد . ( معادل ۲۷۵ پوند بر هر اینچ عرض چرخ لاستیکی )

۴-۷- اگر قسمت عمده شنی باشد بهتر است تراکم اصلی مخلوط خاک و سیمان باغلتک چرخ لاستیکی و یا غلتک معمولی سه چرخ انجام گیرد

چنانچه خاک مخلوطی از رس و ماسه باشد غلتک چرخ لاستیکی مناسبترین و اگر خاک از نوع ماسه ریزدانه و یکدست و یک اندازه باشد ( ماسه بادی ) غلتک های ارتعاشی مناسب است .

۴-۸- در تراکم مخلوط خاک و سیمان مخصوصاً در آخرین لایه ، در بکار بردن غلتک چرخ لاستیکی بدونکته زیر باید توجه شود :

الف - این نوع غلتک ها خاک را بجز فشار نداده و در نتیجه باعث موج دار شدن سطح میشوند .

ب - سطح صافی را که در آخرین لایه زیر اساس خاک و سیمان مورد نظر است بسهولت ایجاد مینماید .

## ۵ - درزهای ساختمانی

۱-۵- در پایان هر روز کار باید بوسیله قطعات چوبی و یا قالب‌های چوبی و یا آهنی انتهای کار را بصورت قائم در آورده و حفظ نمایند.

باید کوشش شود که مخصوصاً در آخرین قسمت کار که با فاصله متصل بدرز ساختمانی است مخلوط کاسلا متراکم شده و بدرصد تراکم مورد نظر برسد.

۲-۵- درز ساختمانی باید بابریدن و برداشتن قسمت خاک و سیمان متراکم شده صورت گیرد و معمولاً ابعاد تخته‌ای که برای اینکار مصرف میشود  $10 \times 10$  سانتیمتر و بطول سرتاسر عرض لایه متراکم شده است

۳-۵- درز ساختمانی مورد نظر باید طوری باشد که هیچگونه آسیب و خرابی برای کار تمام شده و یا کار تمام نشده لایه زیرین نداشته باشد، در موقع شروع مجدد باید پوششی در روی سطح قدیمی کشید و کار جدید از فاصله دورتر شروع کرد و بسجل درز خاتمه داده متراکم کردن قسمت متصل بدرز باید با دقت صورت گیرد و عملی که باعث خرابی کار روز قبل و یا کار همانروز باشد صورت نگیرد

عمل بر داشتن قطعه چوب چهار تراش که بعنوان درز ساختمانی بکار رفته است پس از اختلاط کامل سیمان و خاک و پس از افزودن آب و بهم زدن و قبل از متراکم کردن باید صورت گیرد.

## ۶ - مراقبت و نگهداری

۱-۶- با اتمام عمل تراکم باید نگهداری از لایه متراکم شده خاک و سیمان را حداقل تا مدت ۷ روز آغاز کرد.

نگهداری و مراقبت از اولین دقایق پس از پایان متراکم کردن شروع میشود و در ساعات اولیه باید آب را بصورت قطرات و ذرات پودر ملاتند ( که فشار بسیار کمی داشته باشد ) بر روی سطح تازه متراکم شده پخش نمود تا مانع تبخیر آب اختلاط خاک و سیمان شود و سپس قبل از آنکه ۴۸ ساعت از متراکم کردن آن بگذرد باید روی آنرا قشری از قیر ذوب شده افزوده.

۲-۶- قیر مذاب باید بمقدار یک کیلوگرم بر متر مربع تمام نقاط سطح را بپوشانند قبل از پخش قیر باید سطح خاک و سیمان را آبپاشی کرد تا آب تقاط خالی و گرد را بر کرده و اجازه ندهد که قیر بداخل لایه خاک و سیمان نفوذ کند.

درجه حرارت قیر باید باندازه‌ای باشد که باعث روانی و حرکت آزاد آن بروی سطح نشود

۳-۶- در موقع پخش قیری نباید هیچگونه مواد سست و لقی و یا مواد و مصالح اضافی در سطح متراکم شده خاک و سیمان وجود داشته باشد.

۴-۶- قشر قیری را که قشر نگهداری کننده مخلوط خاک و سیمان است باید تا پایان

هفت روز نگهداری کرد و بمنظور جلوگیری از بر آمدن آن و یا جدا شدن قیراز مسلح باید روی قشر قیری را به لایه‌ای از شن و ماسه پوشانند - میتوان ماسه بکار رفته را نیز مرتباً مرطوب نگهداشت

۶-۵- تا مدت ۷ روز نگهداری نباید هیچگونه وسیله نقلیه و یا ماشین آلات دیگری از روی آن بگذرد و اگر عبور بعضی از وسایل ساختمانی برای ساختمان و احداث قشر مجاور ضروری باشد باید کلیه اقدامات لازم بمنظور جلوگیری از هرگونه صدمه و خرابی قشر ساخته شده بعمل آید .

۶-۶- اگر درجه حرارت هوا طوری است که احتمال یخ بندان می‌رود باید کلیه سطوح و کناره‌های قشر خاک و سیمان را برای مدت هفت روز از یخ زدن محفوظ نگهداشت . عمل محافظت در صورت اسکان بانجا از آبگرم و در سطح بزرگ (که بکار بردن بخار آبگرم میسر نیست) با بکار بردن یک لایه پلی اتیلن یا قرار دادن پارچه‌های ضخیم و یا پتو - لحاف - گونی خشک و یا حتی پوشال و سایر وسایل ( میسر می‌باشد . از افروختن آتش و یا گرم کردن موضعی باید خوداری نمود .

#### ۷- محدودیت‌های ساختمانی

۷-۱- هرگاه عملیات مشروحه فوق را نتوان بطور پیوسته و منظم انجام داد و یا اتمام کلیه عملیات قبلی از لحظه آب زدن بمخلوط خاک و سیمان تا اتمام سطح نهائی حداکثر بیش از سه ساعت بطول انجامد باید کار انجام شده بدور ریخته و با مصالح تازه کاررا مجدداً شروع کرد .

۷-۲- هرگاه مقدار آیکه در لایه زیرین قشر زیر اساس خاک و سیمان وجود دارد و یا آب موجود در خاک بمخلوط یا سیمان بیش از در صد آب معقول برای اختلاط خاک و سیمان باشد باید بر طبق دستور مهندس و بر حسب موقعیت و میزان آب یا کاررا متوقف کرد و یا اگر هنوز سیمان بخاک زده نشده است از پخش سیمان خودداری کرد و چنانچه سیمان افزوده شده و با میزان آب اضافی توجه نیست بمقدار سیمان باید علاوه کرد تا در صد آب موجود محدود معقول ترین در صد آب لازم برای اختلاط باشد .

۷-۳- اگر پس از اختلاط و افزودن آب بارندگی شده و مانع کار شود باید کار را تجدید نمود و چنانچه مدت و مقدار بارندگی خیلی جزئی و ناچیز باشد بر طبق دستور مهندس می‌توان آن کار را با تمام رسانند .

#### ۸- اندازه گیریها - آزمایشها - روانداریها

۸-۱- آزمایش‌های کنترل حرارتی در حین اجراء و پس از اتمام کار شرح

زیر است :

۸-۱-۱- تعیین میزان رطوبت .

۸-۱-۲- تعیین حداکثر چگالی ( وزن واحد حجم ) خشک مخلوط خاک و سیمان

۸-۱-۳- تعیین درصد تراکم

۸-۱-۴- تعیین مقاومت فشاری

۸-۱-۵- تعیین میزان سیمان

۸-۲- میزان آب موجود را میتوان برآی نمونه خاک و یا نمونه خاک مخلوط با سیمان

بدست آورد .

۸-۳- حداکثر چگالی خشک مخلوط خاک و سیمان را باید بروش آشوی اصلاح شده

انجام داد .

۸-۴- درصد تراکم را توسط آزمایش ماسه و قیف که قطر دهانه قیف کمتر از ۱۰

سانتیمتر نباشد و بر اساس روش کنترل تراکم عملیات خاکی باید انجام داد .

۸-۵- مقاومت فشاری را میتوان با نمونه گیری از مخلوط خاک و سیمان بلافاصله قبل

از شروع عملیات تراکم و قالب گیری در استوانه ای بقطر سطح مقطع ۱۰ سانتیمتر و ارتفاع

۳۰ سانتیمتر و نگهداری در شرایط رطوبتی مستغرق پس از ۶ روز آزمایش کرد .

۸-۹- میزان سیمان را نیز میتوان بروش شیمیائی با آزمایش شیمیائی خاک سیمان و مخلوط

خاک و سیمان انجام داد - ابتدا خاک - سیمان و مخلوط خاک و سیمان را تحت اثر اسید کلر

ریک قرار داده و سپس میزان کلیه هر یک را بروشهای متداول شیمیائی اندازه گیری کرده

و از روی محاسبات مربوطه میزان کلیه افزوده شده در خاک و از آنجا درصد سیمان را میتوان

محاسبه کرد .

۸-۱۰- آزمایش صافی سطح با یک شمشه پنج متری که بموازات محور اصلی و یا عمود

بر آن و روی سطح قرار داده شود انجام میگردد، سطح تمام شده در طول شمشه و در هیچ

نقطه ای نباید بیش از ۱۰ میلیمتر اختلاف داشته باشد .

۸-۱۱- ضخامت قشر زیر اساس خاک و سیمان را از نمونه هائیکه پس از مقاوم شدن

لایه و بکمک دستگاه حفاری بدست میآید اندازه گیری میگردد- نمونه ها از هر ۱۰۰ متر

طول و یا کمتر از آن ( بر طبق دستور مهندس ) بدست میآید .

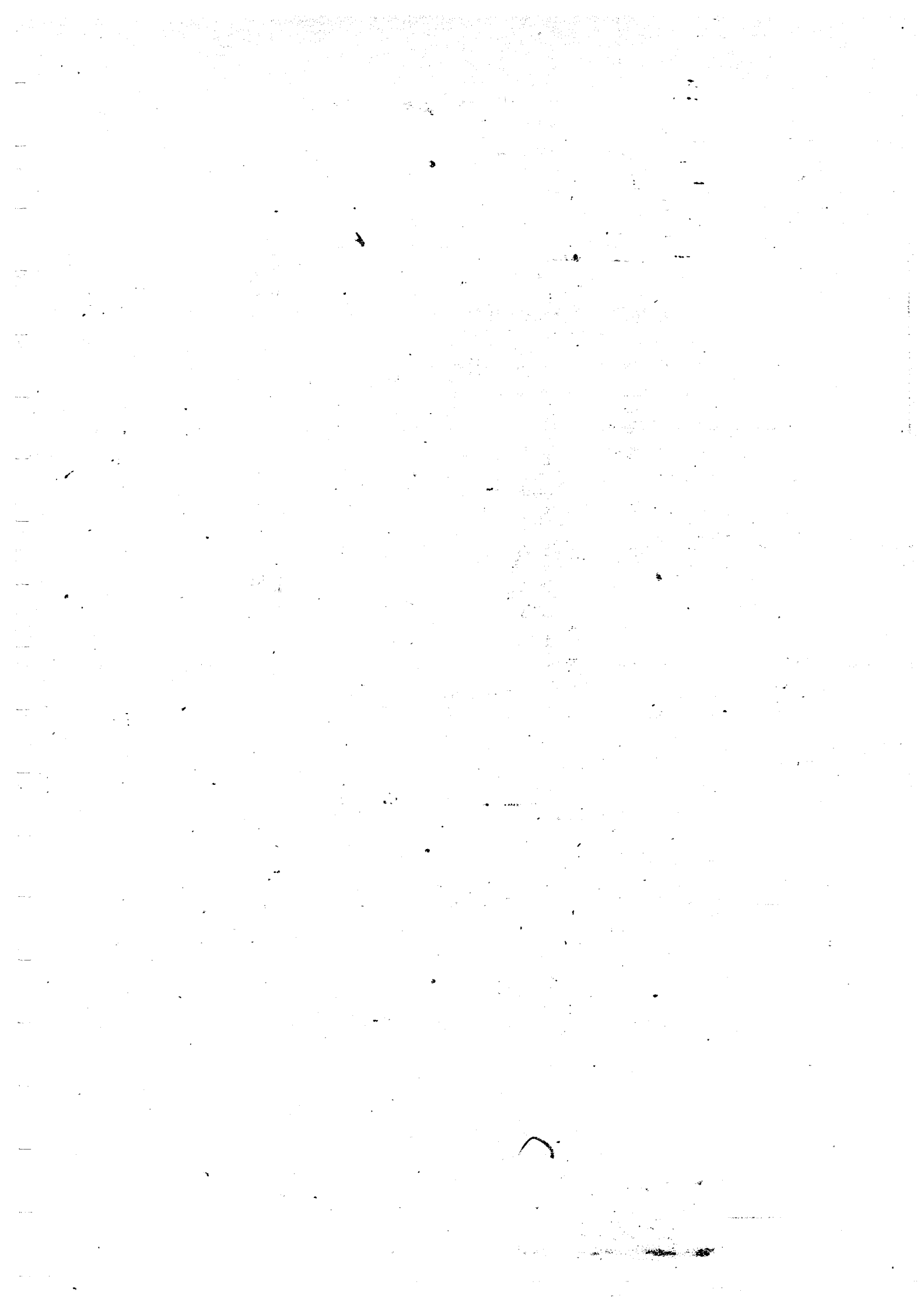
ضخامت نمونه های بدست آمده که در هر روز کار انجام شده است نباید بیش از یک

سانتیمتر با آنچه در نقشه ها و مشخصات نشان داده شده است اختلاف داشته باشد - حداکثر

این رواداری برای هر نقطه نا مشخص در یکروز کار نباید بیش از دو سانتیمتر باشد .



ضمیمہ شمارہ ۱۱۵



## آزمایش قابلیت ترك خوردن سیمان :

### ۱- مقدمه

این آزمایش بمنظور ارزیابی قابلیت ترك خوردن سیمان تحت اثر عوامل خارجی نظیر درجه حرارت و رطوبت نسبی انجام میپذیرد و شامل تهیه نمونه‌هایی از خمیر سیمان و نگهداری آنها در شرایط مشخص و معلوم و اندازه‌گیری زمان ترك خوردن آنها میباشد .

### ۲- ابعاد نمونه‌ها

نمونه بصورت حلقه‌ای ساخته میشود که ابعاد آن مطابق شکل (۱) میباشد .  
(. ابعاد بر حسب میلیمتر داده شده .)

### ۳- قالب

برای ساختن نمونه‌ها از قالب فلزی یا یک هسته مرکزی استفاده میشود. هسته مرکزی و قالب بهتر است از فلز زنگ نزن ساخته شده و سطوح آنها صاف و بدون خلل و فرج و برآمدگی و فرورفتگی باشد .

هسته مرکزی توپر بوده و باید از فلزی ساخته شود که ضریب ارتجاعی آن از ۹۰۰۰۰ کیلوگرم بر میلیمتر مربع کمتر نباشد .

فولادهای مختلف برای اینکار بسیار مناسب میباشد . اگر هسته مرکزی از فولاد اختیار شده باشد باید توجه کرد که در موقع استفاده سطوح آن زنگ نزده باشد .

در هر حال باید قالب را قبل از استفاده به روغن آغشته نموده و روغن اضافی را بایک پارچه جمع‌آوری کرد بطوریکه فقط قشر خیلی نازکی از روغن روی قالب و هسته مرکزی بماند  
۴- ساختن نمونه‌ها

برای ساختن نمونه‌ها از خمیر متعارف سیمان استفاده میشود . حجم خمیر لازم برای یک نمونه در حدود ۲۶ سانتیمتر مکعب است و باید ترتیبی اتخاذ گردد که در هر بار حداقل سه نمونه بطور همزمان تهیه گردد. سیمان لازم برای تهیه یک نمونه حدود ۰۰۰ میباشد .

برای ساختن نمونه‌ها از آب آشامیدنی استفاده میشود . در صورتیکه آب موجود دارای نکتهای مختلف بمقدار نسبتاً زیاد باشد توصیه میشود از آب مقطر استفاده گردد .

عمل اختلاط را میتوان با دست و یا با وسایل مکانیکی انجام داد. در صورت اول تعداد نمونه‌هایی که بطور همزمان تهیه میشود به ۳ محدود میگردد و در صورت استفاده از مخلوط کن، مکانیکی میتوان تعداد نمونه‌های همزمان را تا ۴ بالا برد مشروط بر اینکه فاصله زمانی بین تهیه نمونه اول و آخر زیاد نباشد.

چادادن خمیر در قالب در دولایه و بوسيله ميل زدن انجام ميپذيرد. ميل زدن بكمك يك ميله فولادي بعمل ميآيد. هر قشر بوسيله ۳ ضربه كوبيده ميشود و بايد بطور يکنواخت در تمام سطح توزیع گردد.

عمل ميل زدن بايد بوسيله تكنسين با تجربه‌ای انجام گیرد و دقت شود که حبابهای هوا در داخل خمیر باقی نماند زیرا ممکن است روی نتیجه آزمایش تأثیر نماید، حبابهایی که در سطح جانبی خارجی نمونه دیده شوند خصوصاً روی نتیجه آزمایش موثرند و بهتر است این چنین نمونه‌هایی ملاک قضاوت در مورد سیمان قرار نگیرند.

چادادن خمیر در قالب ممکن است بوسيله وسایل مکانیکی نیز انجام گیرد. پس از پرکردن قالب بايد خمیر اضافی را با لبه يك كمچه و با حرکت اراهی از روی آن برداشت. در تمام مدت جمع کردن قسمت اضافی خمیر، بايد لبه كمچه از مرکز قالب بگذرد.

#### ۵- نگهداری نمونه‌ها

پس از آماده شدن نمونه باید سطح آنرا با يك ورق فلزی پوشانید و در محیطی به درجه حرارت  $20 \pm 2$  درجه سانتیگراد که رطوبت نسبی آن خیلی نزدیک به حد اشباع میباشد نگهداری نمود.

در ۲۴ ساعت اول پس از قالب گیری نمونه، باید شرایط فوق بدقت رعایت گردد تا آب نمونه تبخیر نشود. عدم دقت در ثابت نگهداشتن رطوبت نسبی باعث تنزل آن و تبخیر آب نمونه و تسریع در ایجاد افت و بالتیجه تسریع در ایجاد ترک میگردد.

#### ۶- بازکردن قالب نمونه‌ها

بازکردن قالب حتی الامکان  $24 \pm 1$  ساعت پس از قالب گیری نمونه‌ها بعمل میآید. نمونه‌هاییکه قبل از سپری شدن ۲۰ ساعت و بعد از گذشتن ۲۸ ساعت از بتوق قالب گیری از قالب خارج شوند مردود بوده و نباید نتایج حاصل از آنها مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۷- شرایط آزمایش نمونه‌ها

پس از بازکردن قالب باید نمونه با هسته مرکزی آن در محفظه‌ای به درجه حرارت  $20 \pm 2$  درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد قرار گیرد.

نمونه باید چنان قرار داده شود که روی تمام سطوح آن شرایط فوق تحقیق یابد. رطوبت نسبی ۵۰ درصد باید در تمام مدت آزمایش رعایت شده و حداکثر تغییرات کوتاه

مدت آن نباید از ۰ در صد تجاوز نماید .

بمنظور تثبیت میزان رطوبت هوای داخل محفظه ، باید این هوا بطور مرتب تعویض گردد. تعویض کامل هوای محفظه باید در حدود چهار یا پنج مرتبه در یک ساعت انجام پذیرد .

مسئله تعویض هوای محفظه از جمله حساس ترین قسمتهای آزمایش است زیرا نمونه‌هایی که از قالب خارج شده و در داخل محفظه قرار گیرند ، در مدت آزمایش ، هر یک به تفاوت بین ۲۰ تا ۳۰ گرم از وزنشان کم میشود. این کم شدن وزن ناشی از تبخیر آب نمونه بوده و اگر هوای داخل محفظه تعویض نگردد آبهای تبخیر شده رطوبت نسبی را بالا برده و باعث تغییر شرایط آزمایش خواهد گردید .

باید توجه داشت که حفظ رطوبت نسبی در ۰ در صد کافی نبوده و باید مسئله تعویض هوای داخل محفظه بنحوی جدی مورد توجه قرار گیرد زیرا علیرغم رطوبت نسبی متوسط ۰ در صد در داخل محفظه ، اطراف هر نمونه با قشری از هوا که رطوبت نسبی آن بیشتر از ۰ در صد میباشد پوشیده میشود . ضخامت این قشر بستگی به طرز تهویه محفظه داشته و روی تبخیر آب و زمان ترك خوردن نمونه اثر میگذارد .

با توجه به آنچه که گذشت . ملاحظه میشود که حجم محفظه ، تعداد نمونه‌های داخل آن ، طرز چیدن نمونه‌ها و غیره نیز میتواند در عمل تبخیر و بالتیجه در آزمایش کاملاً مؤثر باشد .

نظر بمراتب فوق باید شرایط زیرموقع آزمایش بدقت رعایت شود :

- محفظه متناسب با درجه رطوبت داخل آن در مواقع لازم با هوای خشک تغذیه شود .

- ورود هوای خشک به محفظه طوری صورت گیرد که جریان هوا مستیماً به نمونه‌ها برخورد نماید . برای تحقق یافتن این شرط توصیه میشود که ورود هوا از طریق لوله قائمی که به یکی از دیوارهای محفظه بسته شده و دارای پستانکهایی میباشد که هوا را روبه‌جدار مزبور تخلیه مینماید ، انجام پذیرد .

- اگر محفظه کوچک باشد میتوان سوپاپی برای خروج هوای مرطوب از محفظه پیش‌بینی نمود که معمولاً روی دیواره مقابل دیوارهای که لوله ورودی روی آن نصب شده، تعبیه میگردد .

در صورتیکه تعداد نمونه‌ها محدود نبوده و محفظه نسبتاً بزرگ باشد ، باید برای تخلیه هوای مرطوب از وقتی لاتور استفاده کرد .

در اینحالت معمولاً دو لوله روی دیوارهای متقابل هم وقتی لاتور در قسمت بالای محفظه بسته میشود .

بیشترین نتیجه وقتی حاصل میگردد که فاصله ونٹی لاتور تا محل چیدن نمونه ها بین ۵ تا ۶ سانتیمتر باشد .

- نمونه ها باید پهنان در داخل محفظه چیده شوند که شرایط تقریباً یکسانی برای همه آنها ایجاد گردد. برای حصول این منظور، در محفظه های مجیز به ونٹی لاتور، نمونه ها روی دایره ای که صفحه آن عمود بر محور ونٹی لاتور بوده و مرکز آن روی محور ونٹی لاتور قرار دارد، بصورت شعاعی چیده میشود .

رطوبت نسبت داخل محفظه باید بوسیله رطوبت سنجی اندازه گیری شود . این رطوبت سنج باید مجهز به یک وسیله قطع و وصل جریان برق باشد که وقتی رطوبت داخل محفظه از حد معینی بالاتر یا پائین تر می رود دریچه ورود هوای خشک را به داخل محفظه باز کرده و یا ببندد . ونٹی لاتور نیز باید بوسیله همین رطوبت سنج فرمان داده شود .

رطوبت سنج باید مرتباً مورد کنترل قرار گرفته و از حساسیت آن اطمینان حاصل شود . این کنترل حداقل هفته ای یکبار باید انجام گیرد .

یادآوری : برای ثابت نگهداشتن رطوبت نسبی محفظه میتوان از محلول اسید سولفوریک و یا محلول بعضی نمکها استفاده کرد . در اینصورت باید غلظت محلول متناسب با میزان رطوبت دلخواه تنظیم شود .

( استفاده از این راه مگر بطور استثنائی توصیه نمیشود )

#### ۸ - تعیین زمان ترك خوردن نمونه

آزمایش هر نمونه وقتی خاتمه یافته تلقی میشود که در آن ترك قابل رویت با چشم غیر مسلح بوجود آید .

اگر تعداد نمونه ها چند عدد بیشتر نبوده و در محفظه قابل رویت نگهداری شوند میتوان نیمساعت به نیمساعت وضع نمونه ها را از خارج محفظه بررسی نموده و معلوم کرد که آیا نمونه ای ترك خورده است یا نه .

در صورتیکه تعداد نمونه ها زیاد باشد تعیین زمان ترك خوردن نمونه بطریق فوق میسر نبوده و باید اینکار را بکمک دستگاه ثبتاتی انجام گیرد .

طرز عمل چنین است که پس از باز کردن قالب نمونه نواری را مطابق شکل یا یک لایه رنگ هادی رنگ مینمایند . بطوریکه ملاحظه میشود .

نوار رنگ شده بسته نشده و بصورت گاهی از ماریج می باشد .

نمونه را پس از رنگ کردن در داخل محفظه طوری قرار میدهند که نقاط روی دو قطعه مسی کوچک تکیه نماید . از طریق این دو تکیه گاه مسی میتوان نوار رنگ را در مدار قرار داد و عبور جریان تا وقتی که نمونه ترك نخورده بر قرار خواهد گردید . اگر نمونه ترك بخورد نوار رنگ قطع گردیده و جریانی از مدار عبور نخواهد کرد .

معمولاً هر نیمساعت یکبار مدار را تحت جریان قرار میدهند و عبور یا عدم عبور جریان را ثبت مینمایند و با توجه به این اطلاعات ثبت شده میتوان زمان ترك خوردن نمونه‌ها را با تقریب نیمساعت معلوم داشت.

رنگ هادی از مخلوط کردن گرد تفره با محلولی که از اختلاط ۸۵ درصد استن و ۱۵ درصد صمغ نتیجه شده، بدست میآید. اختلاط به نسبت ۳ درصد گرد تفره و ۷ درصد محلول انجام میگردد. گرد تفره مورد مصرف باید خیلی نرم و عاری از دانه‌های درشت باشد و گرنه ممکن است در محل ترك، دانه‌های بزرگ تفره بشکل پلی جریان را از خود عبور داده و مانع از معلوم شدن زمان ترك خوردن نمونه گردند.

#### ۹- بررسی نتایج آزمایشات

این آزمایش بعنوان آزمایشی تکنولوژیک و بمنظور کسب سریع اطلاعاتی از کیفیت ترك خوردن سیمان انجام میگردد و با توجه به زمان ترك خوردن نمونه‌های ساخته شده از سیمانهای مختلف، میتوان نسبت به مصرف و یا عدم مصرف سیمانی تصمیم گرفت.

در این آزمایش اثر افت سیمان و مقاومت کششی آن در مجموع مورد یک بررسی اجمالی قرار میگردد بعبارت دیگر هرچه افت سیمان بیشتر و مقاومت کششی آن کمتر باشد ترك زودتر ظاهر میگردد. و در واقع این افت سیمان است که در نمونه حلتوی تنش‌های کششی ایجاد مینماید و هر وقت این تنشها به تاب گسیختگی سیمان برسد ترك در نمونه ظاهر میگردد.

با توجه به مراتب فوق این آزمایش را آزمایش ارزیابی افت سیمان با نمونه حلتوی نیز مینامند.

سیمانهای که نمونه‌های آنها قبل از ۱۲ ساعت ترك بخورد افت بسیار زیادی داشته و باعث افت شدید بتن میشوند.

سیمانهای که نمونه‌های آنها بین ۱۲ تا ۲۰ ساعت ترك بخورد دارای افت قابل قبولی بوده و با رعایت احتیاطات زیاد میتوان با آنها بتن بالنسبه خوب تهیه نمود. سیمانهای که زمان ترك خوردن نمونه‌های آنها از ۲۰ ساعت بیشتر باشد برای ساختن بتن‌های با افت کم مناسب میباشند.

زمانهای بالا از لحظه قرار گرفتن نمونه‌ها در محفظه تا موقع ترك خوردن میباشد. تذکر مهم:

این آزمایش در موقعی انجام میگردد که خمیر سیمان از طرفی تحت اثر شدید افت اولیه بوده و از طرفی مقاومتش مرتباً افزایش میابد. بنابراین محتمل است که ازدیاد تنش با ازدیاد مقاومت در حال تعادلی ناپایدار قرار گرفته‌و این تعادل ناپایدار مدت نسبتاً طولانی مانع از ظهور ترك گردد، و باین ترتیب زمان ترك خوردن ثبت شده معرف وضع واقعی سیمان نباشد. از طرف دیگر این آزمایش نسبت به مقدار درصد رطوبت داخل محفظه و درجه

رطوبت هوای ورودی و خروجی و غیره بسیار حساس بوده و یک تغییر جزئی هر یک از این عوامل ممکن است باعث تغییر قابل ملاحظه زمان ترك خوردن نمونه گردد .  
نظر به مراتب فوق این آزمایش باید با رعایت تمام نکات لازم بعمل آید .  
در صورتیکه وسایل و شرایط اجازه بدهند میتوان آزمایش قابلیت ترك خوردن را با آزمایش قابلیت تغییر شکل کششی تا زمان شروع ترك خوردگی « جانشین نمود .  
این آزمایش در چند سال اخیر مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته و نتایج بسیار خوبی نشان داد و در بعضی آزمایشگاهها بنام آزمایش با انبساط سنج حلقوی مورد استفاده واقع شده است .



ضمیمہ شمارہ ۱۲



## آزمایش سایش با ماشین لوس آنجلس

این آزمایش بمنظور مطالعه مقاومت دانه های سنگی غلتیده و یاشکسته در مقابل سایش بعمل میآید .

### لوازم آزمایش

الف - ماشین لوس آنجلس

ماشین آزمایش از یک استوانه فولادی به قطر داخلی ۲۸ اینچ معادل  $711/2$  میلیمتر و بطول ۲۰ اینچ معادل ۵۰۸ میلیمتر تشکیل شده است که دو انتهای آن بسته بوده و روی این دو انتها دو محور دوامداد هم طوری نصب شده است که اجازه میدهد استوانه حول محور خود دوران نماید. محورها از داخل استوانه عبور نمی نمایند. دوران استوانه بکمک الکتروموتوری تأمین گشته و سرعت دوران آن بین ۳۰ تا ۳۳ دور در دقیقه میباشد. ماشین مجهز به کنتوری است که میتواند پس از مقدار معینی دور استوانه را از دوران بازدارد. استوانه در پهلوی خود دارای دریچه ای است که بکمک چهار پیچ روی آن بسته میشود. این دریچه کاملاً آب بند بوده و چنان ساخته شده است که پس از قرار گرفتن در جای خود سطح داخلی استوانه کاملاً منظم و بدون فرورفتگی و برآمدگی میشود. در سطح داخلی استوانه تیغه ای با ارتفاع  $3/5$  اینچ معادل  $88/9$  میلیمتر در امتداد لوله استوانه نصب میگردد. این تیغه از فولادی مقاوم در مقابل سایش ساخته شده و نصب آن بهتر است بکمک پیچ انجام پذیرد، قادر صورت لزوم تعویض آن براحتی میسر باشد. محل نصب تیغه طوری که در موقع آزمایش مانع ریختن نمونه و گلوله های ساینده روی دریچه میشود. در بعضی از ماشینهای لوس آنجلس تیغه را بوسیله نصب یک نشی روی دریچه ایجاد مینمایند و در این حالت باید جهت دوران استوانه طوری باشد که نمونه در پشت نشی جمع شده و بالا نیاید.

بند گلوله های ساینده

موقع آزمایش تعدادی گلوله چدنی به قطر  $1/8$  اینچ معادل  $4/7$  میلیمتر و هر یک بوزن ۳۹۰ تا ۴۴۰ گرم مورد نیاز میباشد. این گلوله ها را با نمونه مورد نظر مخلوط کرده و در ماشین لوس آنجلس، بریزند. گلوله ها ضمن دوران استوانه سائیدگی و فرسایش نمونه را سبب میشوند.

### ج - تعدادی الک

انکهای لازم برای این آزمایش الکهای استاندارد آمریکائی و یا الکهای نزدیک به آن میباشد :

### نمونه آزمایش

دانه بندی نمونه مورد آزمایش باید خیلی نزدیک به دانه بندی مخلوطی باشد که عملاً در کارگاه مورد استفاده قرار خواهد گرفت. برای تأمین این منظور، نوع نمونه استاندارد مشخص شده است که چهار نوع A تا D آن برای مصالح سنگی نسبتاً ریز و سه نوع دیگر یعنی E تا G برای مصالح سنگی درشت دانه تر میباشد.

نمونه نباید در کوره بحرارت ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه خشک شده و بوزن ثابت رسیده باشند و وزن کلی نمونه برای چهار نوع اول، ۵۰۰ گرم و برای سه نوع دیگر ۱۰۰۰ گرم میباشد. دانه بندی نمونه ها در جدول شماره نشان داده شده است:

### طرز آزمایش

طرز عمل چنین است که ابتدا دانه های سنگی مورد نظر را شسته و در کوره در حرارت ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه بوزن ثابت میرسانند سپس آنها را الکهای مناسب گذرانده و مطابق جدول، نمونه دلخواه را تهیه مینمایند سپس نمونه را با تعداد لازم گلوله سایته در داخل ماشین ریخته ودر آنها میبندند. تعداد گلوله های لازم از جدول شماره بدست میآید:

نوع نمونه	A	B	C	D	E	F	G
تعداد گلوله	12	11	8	6	12	12	12

پس از اینکه در پیچه استوانه بسته شد کنتور را روی تعداد دور لازم تنظیم مینمایند. تعداد دور لازم برای نمونه های A تا D پانصد دور و برای نمونه های E تا G یک هزار دور میباشد.

حال کلید دستگاه رازده و میگذارند دوران نماید. وقتی دستگاه از حرکت باز ایستاد در پیچه آنها را با احتیاط باز کرده و نمونه و گلوله های ساینده را در داخل ظرفی میریزند. گلوله های سائیده را از نمونه آزمایشی جدا کرده و آنها را ابتدا از الک بزرگتر از الک NO. ۱۲ و سپس از الک NO. ۱۲ بگذرانند. بکار بردن دو الک برای اینست که مصالح سنگی به الک NO. ۱۲ حدمه نزنند.

مصالح مانده روی الک NO. ۱۲ را شسته و خشک نموده و پس از رسیدن به وزن ثابت در ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه حرارت، وزن آنها با دقت یک گرم اندازه گیری مینمایند. مقدار فرسودگی نمونه مورد آزمایش از رابطه زیر محاسبه میشود:

وزن نمونه پس از آزمایش - وزن اولیه نمونه

$$\text{مقدار درصد فرسودگی} = \frac{\text{وزن نمونه پس از آزمایش} - \text{وزن اولیه نمونه}}{\text{وزن اولیه نمونه}}$$

توجه:

الف- تجربه نشان داده است که برای یک سنگ معین اگر شکستن بوسیله دست بعمل آمده باشد مقدار فرسودگی در حدود ۸۵ درصد مقدار فرسودگی همان سنگ در موقعی است که شکستن بوسیله سنگ شکن بعمل آمده باشد.

ب- در مورد نمونه‌های E تا G کم و زیاد شدن هر قسمت از دانه‌ها بیزان ۲ درصد مجاز

میباشد.



ضمیمہ شمارہ ۱۳۵





## آزمایش تحلیل رفتن شن و ماسه با محلول سولفات سدیم

۱ - مقدمه

این آزمایش مقاومت شن و ماسه را در مقابل تحلیل رفتن در محلول سولفات سدیم که دارای غلظت مشخص است تعیین میکند.

این آزمایش اطلاعات جامع و مناسبی از استحکام و پایداری مصالح شن و ماسه در مقابل عوامل جوی که در طول زمان بان مصالح اثر خواهند کرد بدست میدهد.

### ۲ - وسایل مورد نیاز

۲-۱ - یک سری الک ریز دانه و یک سری الکهای درشت دانه شامل الکهای زیر :

الکهای ریز دانه	الکهای درشت دانه
الک شماره ۱۰۰	الک باندازه $\frac{5}{16}$ اینچ
الک شماره ۵۰	" $\frac{3}{8}$
الک شماره ۳۰	" $\frac{5}{8}$
الک شماره ۱۶	" $\frac{3}{4}$
الک شماره ۸	" $\frac{1}{2}$
الک شماره ۴	" $\frac{1}{4}$
الک شماره ۵	" $\frac{1}{8}$

۲-۲ - ظروف مخصوص نگهداری شن و ماسه که اجازه دهد محلول سولفات سدیم با آزادی و سهولت تمام مصالح را در برگیرد و ذرات شن و ماسه از داخل آن خارج نشود این ظروف باید بتعداد کافی باشد بطوریکه اجزاء هر اندازه از یک نمونه ( عبور کرده از یک الک و باقیمانده روی الک بعدی ) در یک ظرف قرار گیرد، برای این کار سیدنای استوانه‌ای از توری آلکینا که داری چشمه‌های متناسب و دارای مقاومت کافی باشند مناسب است.

۲-۳ - تنظیم کننده درجه حرارت ( ترموستات یا ترمومتر ) برای ثابت نگه داشتن درجه حرارت محلول سولفات سدیم .

۲-۴ - ترازو و دستگاه خشک کننده

۲-۵ - محلول مخصوص سولفات سدیم مقدار کافی سولفات سدیم ایندرو ( سولفات سدیم

بدون آب تبلور با فرمول  $(Na_2SO_4)$  و یا حتی سولفات سدیم متبلور  $(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O)$  در آب ۲ تا ۳ درجه حل شود. مقدار سولفات سدیم باید آتدر باشد که نه تنها محلول اشباع شده بدست آید بلکه باید متداری از اصلاح که دیگر قادر بحل شدن نیستند نیز در محلول اشباع شده وجود داشته باشد. این محلول را باید کاملاً بیهم زد و تا جاییکه ممکن است با افزودن سولفات سدیم خالص تغلیظ کرد. سپس آنرا به ۲۱ درجه سانتیگراد رسانید: محلول را باید ۴۸ ساعت قبل از بکار بردن بکناری گذاشت و پس از آن چنانچه اصلاح جامدی در آن مشاهده شود باید مجدداً بیهم زده شود.

سپس باید وزن مخصوص محلول را تعیین کرد، و وزن مخصوص نباید کمتر از ۱/۱۵۱ و بیشتر از ۱/۱۷۴ باشد (بکار بردن ۳۵۰ گرم سولفات سدیم ایندر دو هر لیتر آب و یا ۷۵۰ گرم سولفات متبلور در هر لیتر آب متناسب است).

۳ - آماده کردن نمونه

۱ - ۳ - ماسه باید کاملاً از الک  $\frac{2}{8}$  اینچ عبور کند و پس از آنکه بخوبی شسته و در درجه حرارت ۱۰۰ تا ۱۱۰ خشک گردید باید از الکهای زیر عبور داده شود:

عبور کرده از الک شماره	باقیمانده روی الک شماره
۵۰ (۲۹۷ میکرون)	۳۰ (۵۹۰ میکرون)
۳۰	۱۶ (۱۱۹۰ میکرون)
۱۶	۸ (۲۳۸۰ میکرون)
۸	۴ (۴۷۶۰ میکرون)
۴	$\frac{2}{8}$ اینچ

از هر یک از اجزاء بالا باید یکصد گرم انتخاب کرده و در ظرفهای توری مخصوص بطور مجزا قرار داد.

۲ - ۳ - ذرات شن را ( آنچه باقیمانده روی الک شماره ۴ است ) ابتدا کاملاً شسته و خشک کرده و سپس بشکل زیر باید تفکیک کرد و در توریهای مخصوص بطور مجزا قرار داد.

اندازه الک	وزن
عبور کرده از الک $\frac{2}{8}$ و باقیمانده روی الک شماره ۴	۳۰۰ گرم
( $\frac{2}{8}$ تا $\frac{4}{8}$ جمعاً ۱۰۰۰ گرم بشرح زیر )	
عبور کرده از الک $\frac{1}{4}$ اینچ و باقیمانده روی الک $\frac{2}{8}$ اینچ	۳۳۰ گرم
عبور کرده از الک $\frac{2}{8}$ اینچ و باقیمانده روی الک $\frac{1}{4}$ اینچ	۶۷۰ گرم
( $\frac{2}{8}$ تا $\frac{1}{4}$ اینچ جمعاً ۱۵۰۰ گرم بشرح زیر )	

عبور کرده از الک ۱ اینچ و باقیمانده روی الک  $\frac{3}{4}$  اینچ ۵۰۰ گرم  
 عبور کرده از الک  $\frac{1}{4}$  اینچ و باقیمانده روی الک ۱ اینچ ۱۰۰۰ گرم  
 (  $\frac{1}{4}$  تا  $\frac{3}{4}$  جمعاً ۳۰۰۰ گرم بشح زیر )  
 عبور کرده از الک ۲ اینچ و باقیمانده روی الک  $\frac{1}{4}$  اینچ ۱۵۰۰ گرم  
 عبور کرده از الک  $\frac{1}{4}$  اینچ و باقیمانده روی الک ۲ اینچ ۱۵۰۰ گرم

۳ - ۳ - برای آزمایش تخته سنگ ابتدا باید آنرا شکسته و بقطعات یک اندازه در حدود ۴ سانتیمتر قطر در آورد - سپس باید این قطعات را کاملاً شسته و خشک کرد و وزن نمونه آماده شده و خشک شده باید ۵۰۰ گرم باشد ( با حدود ۱۰۰ گرم تقریب )  
 ۴ - روش آزمایش

۱ - ۴ - نمونه ها را باید در محلول سولفات سدیم آماده شده قرار داد .  
 سطح محلول باید لااقل حدود ۲ سانتیمتر از بالاترین قطعه مورد آزمایش بالاتر باشد و تمام نمونه ها باید کاملاً در آن مستغرق باشند . درجه حرارت محلول باید ۲۱ درجه سانتیگراد باشد ( با  $\pm 1$  درجه سانتیگراد تقریب ) سپس باید سرپوشی روی ظرف قرار داد و نمونه باید برای مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت داخل محلول قرار گیرد .

۲ - ۴ - پس از اتمام مدت مذکور توری های محتوی نمونه را از محلول باید خارج کرد و برای مدتی به کنار گذارد تا آب آن کاملاً خارج شود ، سپس باید نمونه را در دستگاه خشک کننده در حرارت بین ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک کرد و باید سعی شود هیچگونه از بین رفتگی ، گم شدن و بی دقتی صورت نگیرد .

نمونه را باید از دستگاه خشک کننده خارج کرد و برای چند ساعت در درجه هوای اطاق قرار داد تا سرد شود و مجدداً برای دفعه دوم مانند قبل و بهمان مدت آنرا داخل محلول سولفات سدیم قرار داد .

۳ - ۴ - تعداد دفعاتی که نمونه باید داخل محلول قرار گیرد حداقل ۵ بار است ، مگر آنکه برای موارد خاصی دفعات بیشتری خواسته شده باشد .

۵ - بررسی نتایج حاصله

۱ - ۵ - در مرحله نهائی نمونه ها را از محلول خارج کرده آنگاه باید با آب شست و زلال شست تا اثری از سولفات در ذرات و قطعات نمونه باقی نماند باید نمونه ها را در ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه کاملاً خشک کرد و بررسی « کمی » و « کیفی » بر روی آنها را انجام داد .  
 ۲ - ۵ - آزمایش کمی با الک کردن توسط الکهای زیر و توزین هر جزء و سپس محاسبه جزء تحلیل رفته صورت میگیرد .

اندازه الکی که باید در تعیین بررسی « کمی » بکار رود

اندازه شن

$\frac{1}{4}$  اینچ

$\frac{5}{8}$  اینچ

$\frac{5}{16}$  اینچ

نمره ۵

$\frac{1}{4}$  تا  $\frac{1}{4}$  اینچ

$\frac{1}{2}$  تا  $\frac{3}{4}$  اینچ

$\frac{3}{4}$  تا  $\frac{1}{2}$  اینچ

$\frac{3}{8}$  تا نمره ۴

۵ - ۳ - آزمایش بالا عیناً برای ماسه باید انجام شود و در آن الکی که یک شماره

ریزتر باشد بکار می‌رود.

۵ - ۴ - در آزمایش « کمی » برای قطعات سنگ باید وزن قطعات پس از آزمایش را

از وزن مجموع قطعات قبل از آزمایش کم کرده و درصد تحلیل رفته را بدست آورد.

۵ - ۵ - با تشکیل جدولی که دو جزء شن و ماسه پنچیک در آن قرار داشته و وزن

اولیه هر جزء و وزن پس از آزمایش در آن ثبت گردد و درصد تحلیل رفته هر جزء نسبت به خود

آن جزء و نسبت بوزن کل نمونه محاسبه می‌گردد.

۵ - ۶ - در مورد اجزاء نمونه که از اندازه  $\frac{3}{4}$  اینچ ( ۲۰ میلیمتر ) درشت میباشند

( شامل قطعات سنگ ) باید آزمایش کیفی نیز علاوه بر آزمایش کمی اجزاء گردد - بررسی

پس از هر بار که نمونه از محلول خارج شد ( قبل از اتمام کامل آزمایش ) باید در دو

قسمت انجام گیرد.

الف - یکایک قطعات بررسی شده و طبیعت اثر محلول و شکل آن ذکر شود.

ب - تعدادی از قطعات که تحت تأثیر نمونه قرار گرفته‌اند یادداشت شود.

۵ - ۷ - از نظر اثر کیفی محلول سولفات سدیم بر روی قطعات و ذرات شن و باسنگ

شکسته میتوان اثر محلول را بر روی قطعات یکی از شکلهای پنجگانه زیر بیان کرد:

الف - بکلی تحلیل رفته شده

ب - از وسط بدونیم شده

پ - سوراخ سوراخ و یا برجسته و گود شده

ت - شکاف برداشته شده ( ترك خورده )

ث - کمی مسطح و پهن شده

۶ - گزارش

۶ - ۱ - گزارش این آزمایش باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۶ - ۱ - ۱ - وزن هر یک از اجزاء نمونه قبل از آزمایش

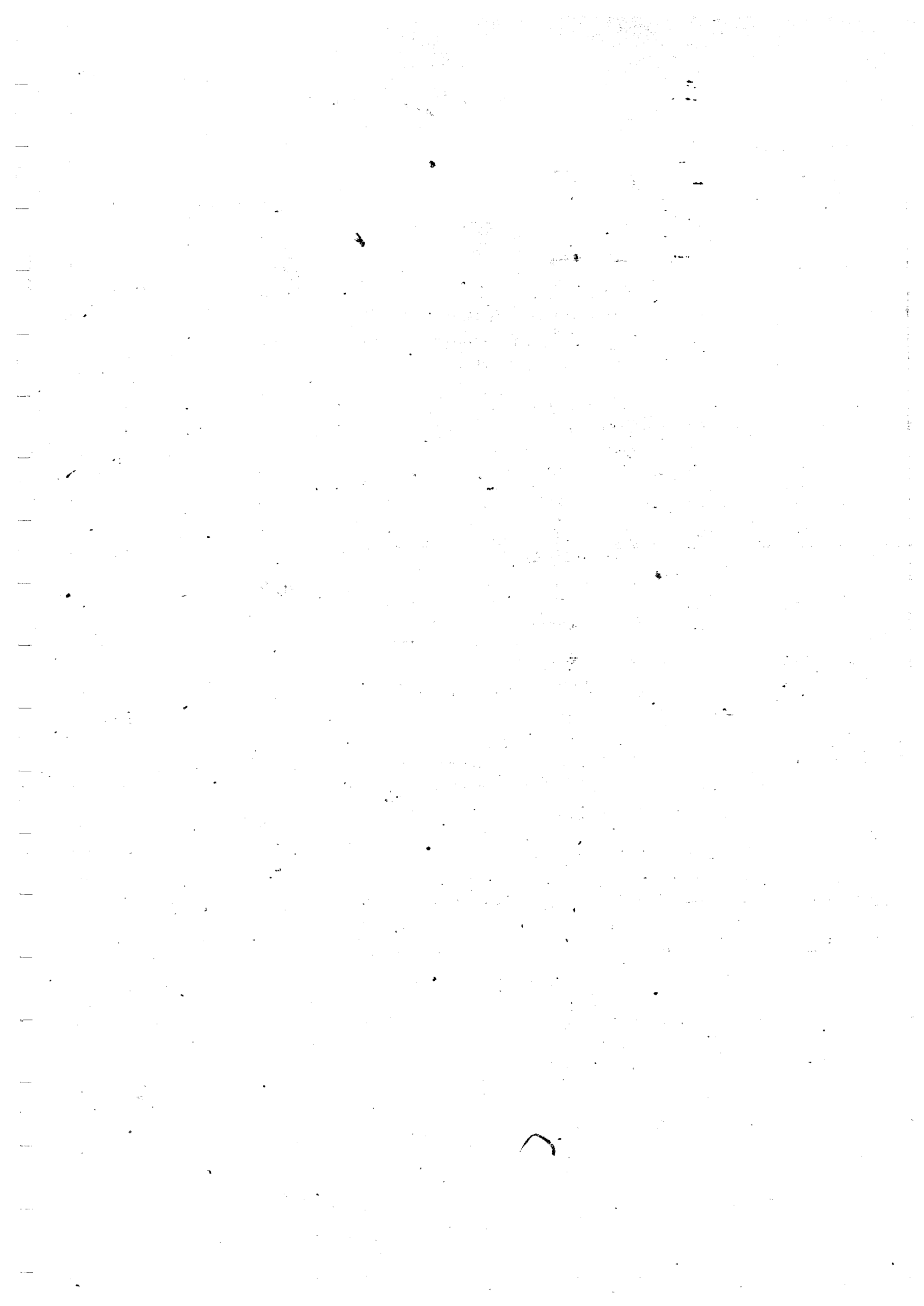
۶ - ۱ - ۲ - باستانای قطعات سنگ شکسته که برای آزمایش تخته سنگها بکار می‌رود

درصد هر جزئی از نمونه نسبت بکل نمونه قبل از آزمایش شرح داده شود.

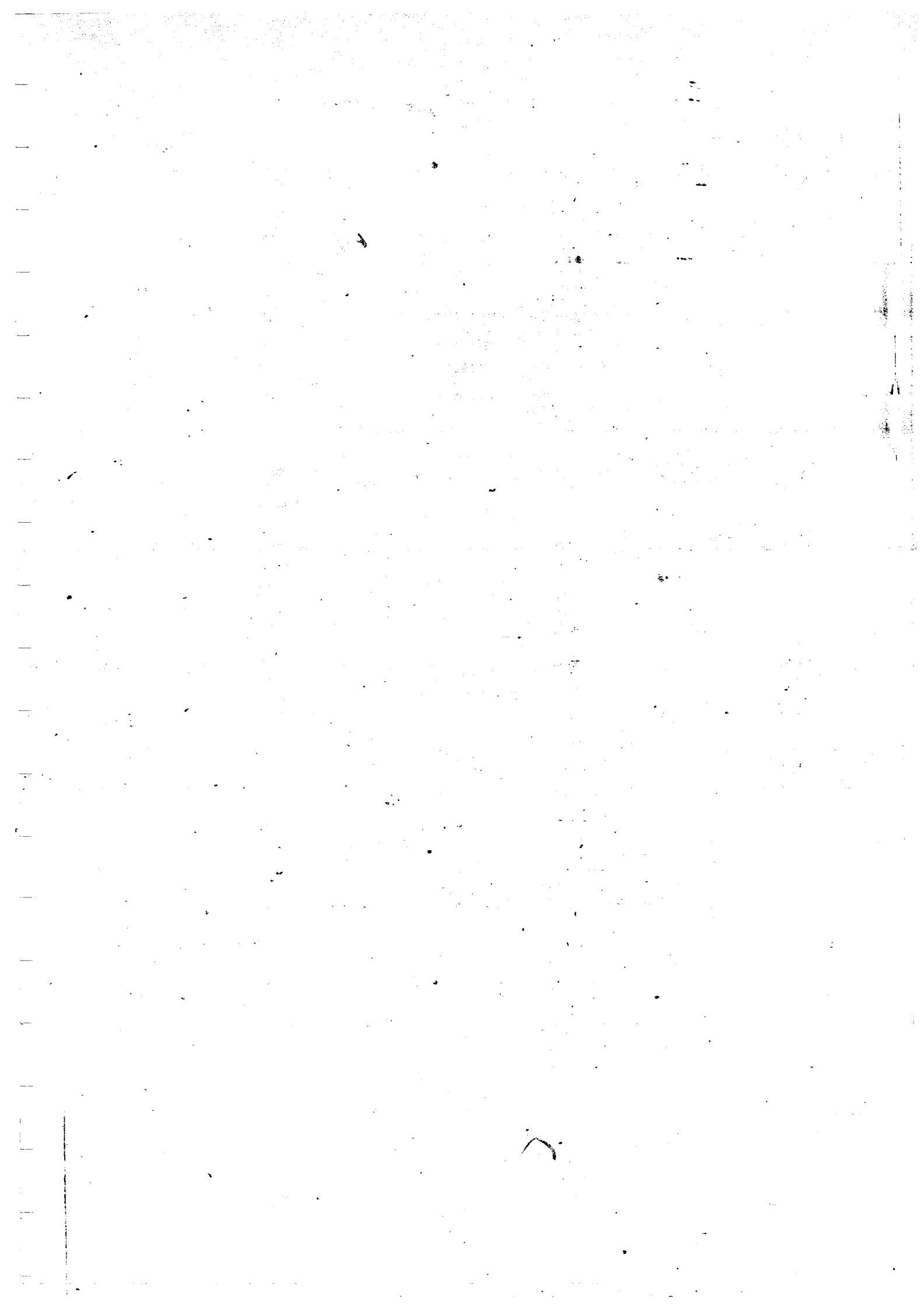
۶ - ۱ - ۳ - مقدار تحلیل رفته هر جزء به صورت وزنی و به صورت درصدی از آن جزء و

سپس بصورت درصد کل نمونه بیان گردد .

- ۶- ۱- ۴- برای ذرات درشت تر از  $\frac{3}{4}$  اینچ ( ۲۰ میلیمتر ) تعداد ذراتی که قبل از آزمایش بکار رفته باید قید گردد و نیز تعداد قطعاتی که تحت تأثیر محلول سولفات سدیم واقع شده اند ذکر شود و نوع تأثیر بر حسب طبقه بندی ۵- ۷ بیان گردد .
- ۶- ۲- اگر اجباراً بخواهیم سولفات سدیم محلول دیگری مانند سولفات منیزیم بکار برده شد نوع محلول نیز باید در گزارش مشخص گردد .



صیحه شماره ۱۴

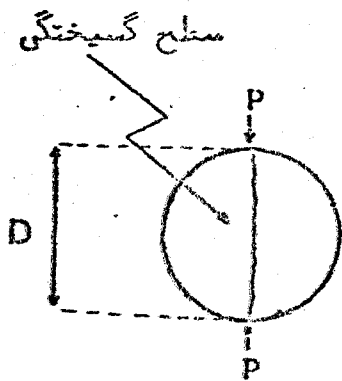




## آزمایش کششی بین دو سوم به آزمایش برزیلی

آزمایش کششی بتن به روش برزیلی روی نمونه‌هایی نظیر نمونه‌های فشاری بعمل می‌آید. شرایط تهیه و نگهداری و حمل این نمونه‌ها عیناً مانند نمونه‌های فشاری است که در درضمیمه شماره ۱۸ شرح داده شده است و معمولاً برای هر دسته آزمایش ۴ نمونه تهیه می‌شود که سه عدد آنها ۷ روزه و سه عدد دیگر ۲۸ روزه تحت آزمایش قرار می‌گیرد.

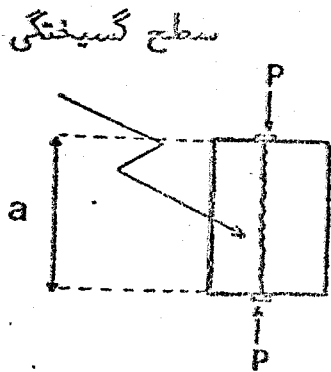
طرز عمل چنین است که نمونه‌های استوانه و یا مکعب را مطابق اشکال زیر بر سینی‌های پرس قرار داده و بار را بتدریج بالا می‌برند. در اثر این فشار در جهت عمود بر امتداد فشار کشش ایجاد شده و نمونه گسیخته می‌شود.



( h ارتفاع استوانه می‌باشد )

$$\sigma_b = \frac{2P}{\pi Dh}$$

شکل (۱)

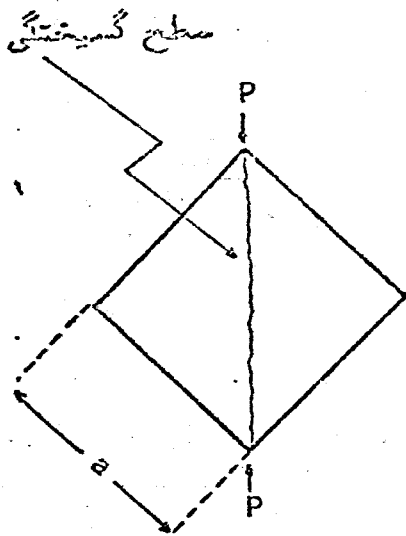


( a بعد مکعب است )

$$\sigma_b = \frac{2P}{\pi a^2}$$

شکل (۲)

( a بعد حکمب است )



$$\sigma_b = \frac{P}{2a^2}$$

شکل (۲)

در شکل‌های فوق فرمول‌های مربوط به محاسبه مقاوت کششی بتن با استفاده از بار گسیختگی  $p$  ارائه شده است.

در طرز بارگذاری شماره (۲) باید در حد فاصل نمونه وسینی‌های پرس در بالا و پائین دونوار فیبر یا تخته سه لائی بضخامت تقریباً ۰ میلیمتر و بعرض حدود ۱/۵ سانتیمتر و بطول  $a$  قرار داده شود و گرنه گسیختگی نمونه بصورت گسیختگی کششی نبوده و بصورت فشار خواهد بود. در حالات (۱) و (۳) نیز توصیه میشود که در طول تماس نمونه با سینی‌ها نوار فیبر و یا تخته سه لائی قرار داده شود. تا بار بطور یکنواخت به نمونه وارد گشته و از ازدیاد فشار موضعی جلوگیری شود. این نوارها فقط باید یکبار مورد استفاده قرار گیرد و استفاده مجدد از آنها مجاز نمیباشد.

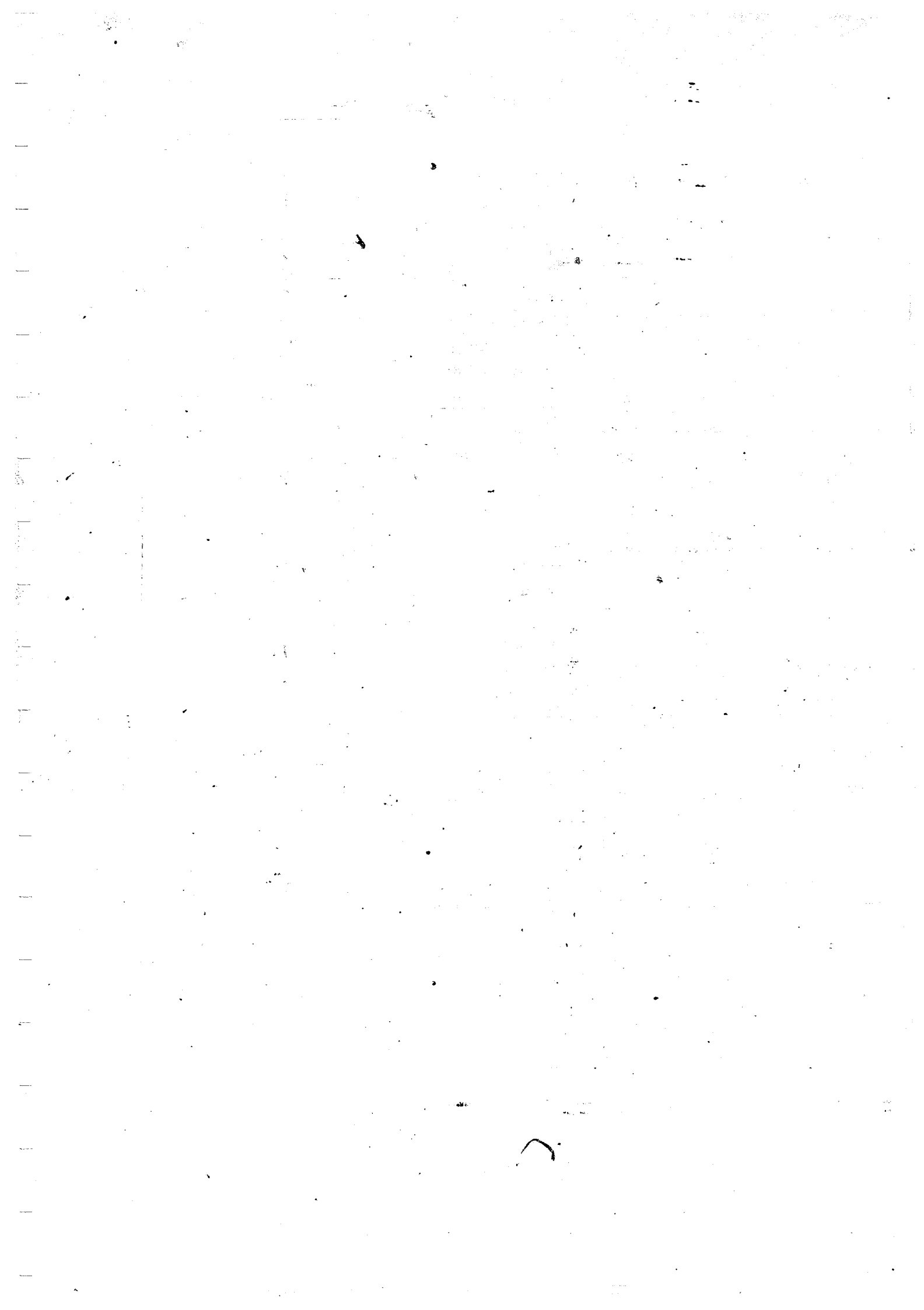
در صورتیکه نمونه‌ها خیلی خوب تهیه شده و سطوح آنها کاملاً یکنواخت باشد در حالات ۱ و ۳ میتوان از قراردادن نوار فیبر یا تخته سه لائی صرف نظر نمود. در بعضی موارد سطوح نمونه‌ها را نظیر نمونه‌های انشاری اصلاح مینمایند. در مورد آزمایش برزیلی باید باین نکته توجه داشت که گسیختگی نمونه شامل قسمتهای درونی آن بوده و مثل آزمایش خمشی تحت تأثیر عوامل سطحی نظیر ترک‌های کوچک ناشی ازافت و حرارت و غیره نمیباشد.

گزارش آزمایش باید شامل مطالب زیر باشد :

- شماره نمونه

- نوع نمونه

- ابعاد نمونه
- سن نمونه در موقع آزمایش
- شرح چگونگی مراقبت نمونه از موقع تهیه تا موقع آزمایش
- بار گسیختگی
- مقاومت کششی بدست آمده
- چگونگی گسیختگی
- نسبت دانه های سنگی گسیخته شده بطور تقریب
- معایب نمونه ( در صورت موجود بودن).



۱۵۰ گلهای درختی



## آزمایش «دوم آرز ماسه» یا تعیین «ارزش ماسه‌ای»

پاکیزگی ماسه بکمک آزمایشی بنام «هم آرز ماسه» تعیین میگردد. طرز عمل چنین است که مقداری ماسه گذشته از الک ۰ میلیتری را در داخل یک لوله آزمایش مدرج (ب قطر داخلی در حدود ۴ سانتیمتر و ارتفاع حدود ۰۴ سانتیمتر) در حال شوینده‌ای که دارای کلرور کلسیم و گلیسرین و فرمالوئید میباشد خوب هم زده و بمدت بیست دقیقه بحال خود میگذارند تا ماسه ته نشین شده و مواد کلوئیدی ورس و غیره نیز بصورت دلمه‌ای روی آن رسوب نماید. سپس بکمک خط کشی ارتفاع سطح فوقانی دلمه و ماسه را را اندازه گرفته و بترتیب  $h_1$  و  $h_2$  می‌نامند.

ارزش ماسه‌ای ماسه مورد آزمایش از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\text{ارزش ماسه‌ای} = 100 \cdot \frac{h_2}{h_1}$$

ارزش ماسه‌ای ماسه مورد مصرف در رویه‌های بتنی فرودگاه‌ها نباید از ۷۰ کمتر و از ۸۰ بیشتر باشد. نسبت‌های اختلاط محلول شوینده مورد مصرف بشرح زیر است.

کلرور کلسیم بدون آب	۴۵۴ گرم (یک پاوند)
گلیسرین	۲۰۰ گرم (۰.۶۴ سانتیمتر مکعب)
فرمالوئید	۴۷ گرم (۰.۴ سانتیمتر مکعب) (محلول ۰.۴ حجم)

آب مقطر به مقدار کافی برای رساندن حجم محلول به یک گالن یعنی ۳۷۸۰ سانتیمتر مکعب.

حجم مواد جامد و حلال شوینده‌ای که در لوله مدرج ریخته میشود تقریباً به نسبت ۱ به ۳ خواهد بود پس از ریختن مواد جامد و حلال شوینده در لوله مدرج باید آنرا با دوش لاستیکی مخصوص محکم بسته و شروع بهم زدن نمایند.

هم زدن با وسیله مکانیکی یا با استفاده از اسبابی که با دست حرکت داده میشود و یا مستقیماً با دست بعمل می‌آید و در هر حال لوله مدرج باید بوضع افقی قرار گرفته و سپس بمنظور هم زدن مخلوط بشدت در امتداد محور خود حرکت داده شود. مدت هم زدن با وسیله مکانیکی ۰۴ ثانیه و تعداد نوسانات روی اسباب دستی ۱۰۰ و تعداد تکانها با دست ۰۹ مرتبه خواهد

بود . در حرکت هم زدن بادست شامل یک حرکت رفت و برگشت کامل در طول تقریباً ۲  
الی ۲۵ سانتیمتر بوده و باید با سرعتی انجام گیرد که بتوان به حرکت را در مدت ۳ ثانیه  
بعمل آورد .

روش کامل این آزمایش در AASHO T-176 شرح داده شده است .



## آزمایش روانی بتن بوسیله مخروط ابرام

### وسایل لازم

- ۱- یک ورق فلزی مسطح با ابعاد  $۶۰ \times ۶۰$  سانتیمتر که ضخامت آن بین ۴ تا ۶ میلیمتر میباشد و یا یک پشتک بهمین ابعاد.
  - ۲- قالب فلزی بشکل مخروط ناقص که قطر قاعده فوقانی آن ۱۰ سانتیمتر و قطر قاعده تحتانی آن ۲۰ سانتیمتر و ارتفاع آن ۳۰ سانتیمتر میباشد (سروکف قالب باز است) این قالب را بوسیله دو گیره میتوان روی ورق مزبور ثابت نمود.
  - ۳- یک میل گرد بقطر ۱۶ میلیمتر و بطول ۶۰ سانتیمتر که دو انتهای آن بشکل نیسکره میباشد.
  - ۴- یک قاب بدشانه ۴ سانتیمتر و ارتفاع ۴ سانتیمتر از نبشی یا چهار سوی فولادی که روی ضلع افقی آن خط کش مدرجی نصب میشود. پایه های قاب در پائین عریض شده و براحتی روی صفحه فلزی مینشینند.
  - ۵- یک خط کش مدرج برای نصب روی قاب.
  - ۶- یک کمچه.
- روش آزمایش

- ورق فولادی را در وضع افقی قرار داده وسط داخلی قالب را مرطوب نموده روی آن میندیم.

- بتن را در سه قشر متوالی در داخل قالب ریخته و هر قشر را با میل گرد بقطر ۱۶ میلیمتر ۲۵ بار میکوبیم. در موقع کوبیدن لایه زیرین باید میله را از آن کوبیدن متناهی کرده و نصف ضربات را نزدیک جدار و نصف دیگر را در قسمت وسط وارد آورد. برای لایه های بعدی کوبیدن طوری انجام گیرد که میله با اندازه  $۵/۰$  تا ۱ سانتیمتر در لایه ماقبل فرو رود. ضربات میانه باید بطور یکنواختی در تمام سطح پخش گردد. بتن لایه آخر باید اندکی زیادتر ریخته شود که پس از کوبیده شدن، سرقالب خالی نماند.

اگر قالب احتمالاً سرخالی ماند باید با اضافه کردن بتن آنرا کاملاً پر نمود.

- پس از بر کردن قالب قسمت بالای بتن را با کمچه صاف مینمائیم. میتوان برای صاف نمودن سطح فوقانی از میله مخصوص کوبیدن استفاده کرد باین ترتیب که آنرا روی لبه قالب تکیه داده و با حرکت شات بجلو راند که هم بتن اضافی را برداشته و هم سطح را صاف نماید.

- قاب را در امتداد محور قالب روی آن قرار داده و فاصله آنرا تا سطح بتن به کمک خط کش مدرج قرائت مینمائیم.

- قاب را کنار گذاشته و گیره‌ها را باز کرده و قالب را با احتیاط و بدون تکان جانی و حرکت دورانی و ضربه در جهت قائم حرکت داده و از روی بتن بر میداریم.

این عمل باید در حدود ۰ ثانیه طول بکشد.

- بلافاصله قاب را در محل خود قرار داده و دوباره فاصله آنرا تا سطح بتن که نشست کرده است میخوانیم.

تمام عملیات پر کردن و کوبیدن و برداشتن قالب باید پیوسته بوده و در مدت یک ونیم دقیقه بعمل آید.

- اختلاف دو قرائت نشست بتن را نشان میدهند که معرف درجه روانی بتن میباشد.

برای بتن‌های متعارف مقادیر زیر را میتوان در نظر گرفت.

نشست با مخروط آبرام

حالت روانی

صفر تا ۳ سانتیمتر

بتن سفت

۳ تا ۷ سانتیمتر

بتن خمیری

۸ تا ۱۰ سانتیمتر

بتن روان

اگر قسمتی از دانه‌های بتن در موقع برداشتن قالب جدا شده و بریزد باید نمونه دیگری ساخته و از نمونه اول صرف نظر نمود. در صورتیکه نمونه دوم نیز به همین ترتیب در هم بریزد معلوم میشود که بتن دارای روانی کافی جهت آزمایش نمیشود و باید در نسبتهای اختلاط تجدید نظر نمود. برای یک بتن مشخص نتایج حاصل از دو آزمایش نباید بیش از ۱/۵ سانتیمتر اختلاف داشته باشد.

در جائیکه احتیاج به دقت زیاد نباشد میتوان وسایل را ساده‌تر نمود. باین ترتیب که از قاب فلزی صرف نظر کرده و از خود قالب بعنوان مبنای مقایسه استفاده نمود. در این حالت در گوشه‌ای از ورق قالب را قرار داده و مطابق آنچه که گفته شد پر مینمایند و سپس آنرا از روی بتن برداشته و در گوشه دیگر صفحه میگذارند.

حال شمشه کوچکی را روی دمانه قالب بصورت اتقی تکیه داده و فاصله آنرا تا سطح بتن بکمک خط کش مدرجی قرائت میکنند که مستقیماً مقدار نشست را بدست میدهند.

میتوان از میله مخصوص کوبیدن بجای شمشه استفاده کرد.

اغلب اوقات گیردها را که مخصوص اتصال قالب به صفحه میباشد حذف مینمایند و در اینحالت باید دقت نمود که موقع کوبیدن بتن در داخل قالب، قالب از جای خود حرکت ننموده و بالا نیاید. برای این منظور در بائین قالب دوپاشنه بیش بینی مینمایند که در موقع ریختن بتن در قالب، با پانگوداری میشود.

در صورتیکه بتن دارای دانه های سنگی درشت تر از ۵ میلی متر باشد باید بجای قالب فوق قالب بزرگتری بکار برد که ابعادش  $1/5$  برابر قالب استاندارد میباشد. در گزارش آزمایش باید ارتفاع مخروط و مقدار نشست بر حسب میلی متر منعکس گردد. در استاندارد شماره ۴۹۴ ملی ایران روش انجام آزمایش تعیین روانی بتن بشرح زیر تلخیص گردیده است.

استاندارد شماره ۴۹۴ ملی ایران

روش تعیین روانی بتن

#### ۱- ۵ آمیزه کاربرد

این استاندارد برای تعیین روانی بتن (چه در آزمایشگاه و چه در کارگاه) بکار می رود. آزمون مندرج در این استاندارد در مورد بتنهائی که خاصیت خمیری و چسبندگی نداشته باشند و نیز در مواردی که مصالح سنگی درشت تر از ۵ سانتی متر بمقدار قابل ملاحظه ای بکار رفته باشد نباید مورد استفاده قرار گیرد.

۲- دستگاه

#### ۳- قالب

نمونه مورد آزمایش باید در قالب فلزی تهیه شود که ضخامت بدنه آن از  $1/5$  میلی متر کمتر نباشد و همچنین در اثر سیان خورده نشود.

قالب باید بشکل یک مخروط ناقص که قطر قاعده زیرین آن ۳ سانتی متر و قطر قاعده بالائی آن ۱ سانتی متر و ارتفاع آن ۳ سانتی متر است ساخته شود.

قاعده های مخروط باید باز باشند و با یکدیگر موازی و عمود بر محور مخروط قرار گیرند. قالب دارای دو پاشنه و دسته مطابق شکل ۱ میباشد.

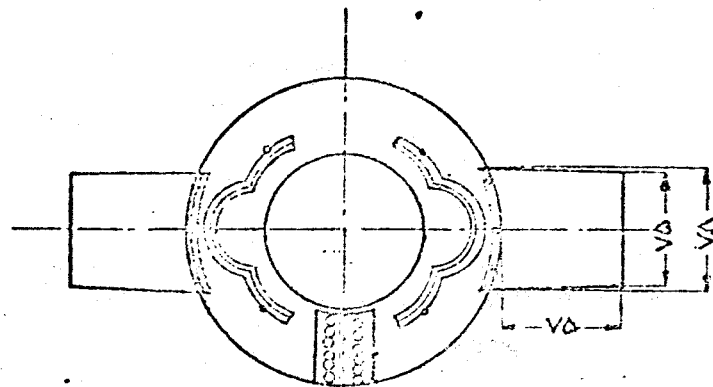
۲-۲ میله کوبنده

میله باید صاف باشد و از فولاد گرد قطر  $1/2$  میلی متر و طول تقریبی ۶ سانتی متر تهیه گردد، یک میلی متر میباشد.

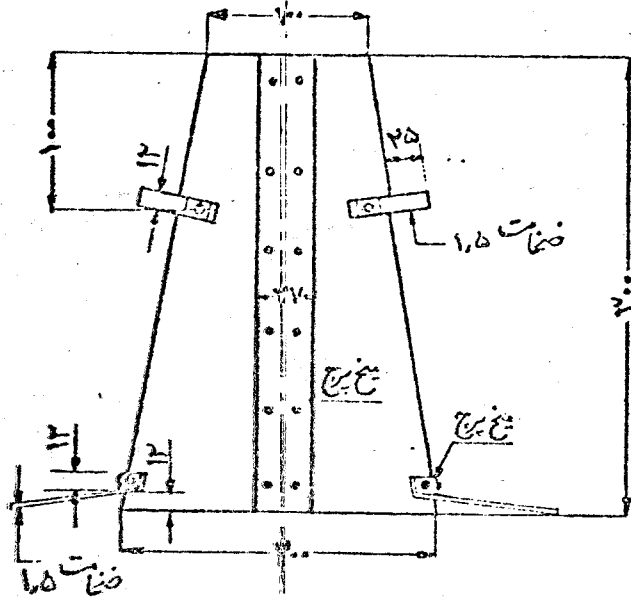
۳-۲ بتن که از آن نمونه برای آزمون انتخاب می شود باید متصرف تمامی بتن ساخته شده باشد و نمونه برداری مطابق استاندارد شماره ۴۸۹ ایران انجام گیرد.

۳- روش کار

۳-۱ قالب را مرطوب کنید و آنرا روی سطح صاف و مرطوب و غیر قابل نفوذی قرار دهید. آزمون کننده باید هنگام بر کردن قالب روی نو پاشنه آن ایستد و آنرا محکم نگه دارد



پلان



شکل ۱- قالب جهت آزمون روانی بتون

و سپس از نمونه بتنی که مطابق بند ۲-۳ تهیه شده است . بلافاصله در سه مرحله حجم قالب را پر کنید ( در هر مرحله تقریباً یک سوم حجم قالب پر شود ) .  
یادآوری :

تا ارتفاع ۶/۵ سانتی متری قالب تقریباً یک سوم حجم و تا ارتفاع ۱۰ سانتی متری قالب تقریباً دو سوم حجم قالب می باشد .

۲-۳ هر لایه بتن باید با ۲۰ ضربه در قالب کوبیده شود و ضربات بطور یکنواخت روی تمام سطح هر لایه فرود آید . در مورد لایه اولی باید امتداد میله را کمی متمایل گرفت و نیمی از ضربات را بکنار لایه فرود آورد و سپس بتدریج میله را راست تر کرد و ضربات بعدی را بطور مارپیچ بسمت وسط لایه نزدیک کرد بطوریکه در وسط ضربات عمود وارد شود لایه اولی باید چنان کوبیده شود که میله تا انتهای ضخامت آن برسد و لایه دوم و سوم نیز باید چنان کوبیده شوند که اثر کوبیدن هر لایه به لایه زیر آن برسد .

۳-۳ قبل از کوبیدن لایه بالائی بتن باید آندر زیاد باشد که سطح آن برجسته و بلندتر از سطح قاعده قالب باشد بطوریکه پس از کوبیده شدن سطح لایه هم سطح قاعده قالب گردد اگر پس از کوبیدن سطح بتن پائین تر از سطح قاعده بالائی باشد برای آزمون های بعدی باید بتن بیشتری برداشته شود . پس از اتمام کوبیدن میله را باید غلتک وار روی سطح لایه گردانید تا بتن اضافی برداشته شود . سپس بلافاصله باید قالب را با دقت بطور قائم بلند کرد و از بتن جدا ساخت .

۳-۴ عمل بلند کردن قالب باید تقریباً در پنج ثانیه و با یک حرکت مداوم و بی تلا بدون آنکه هیچگونه حرکت جانبی یا دورانی به بتن منتقل شود انجام گیرد . تمام عمل انزاع از پر کردن تا برداشتن قالب باید بدون وقفه در مدت ۱/۴ دقیقه انجام شود .

هر گاه قسمتی از بتن جدا شود باید از این نمونه چشم پیرشی کرد .

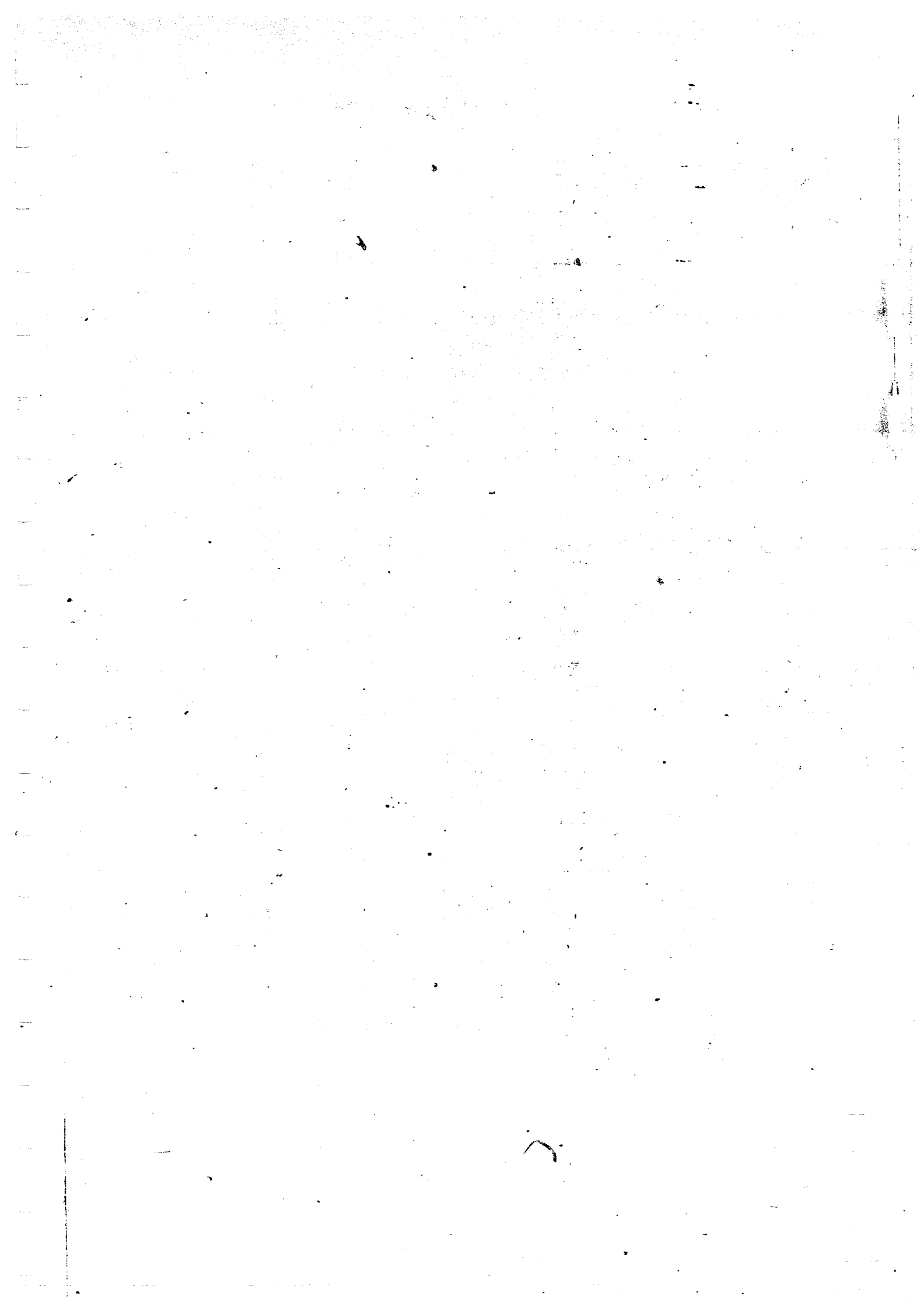
چسبندگی و حالت خمیری لازم برای این آزمون میباشد .

۴ - تعیین روانی

پس از برداشتن قالب ارتفاع نمونه را تا تقریب ۵ میلی متر اندازه بگیرید و از ارتفاع قالب ( ۳۰ سانتیمتر ) کسر کنید . عدد حاصل از کاهش روانی بتن را نشان می دهد .



۱۷۵ گلاب دریا





## اصول کلی تهیه فرمول کارگاهی اختلاط

منظور از تهیه فرمول کارگاهی اختلاط تعیین نسبتهای اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن میباشد بطوریکه بتن حاصل حداکثر مقاومت و بیشترین قابلیت کار برد داشته و کمترین کار و خرج را ایجاد نماید.

عواملی که در مقاومت بتن مؤثر میباشند بسیارند و از آن جمله میتوان نوع سیمان و عیار آن، نوع دانه بندی مصالح سنگی، کیفیت آب اختلاط، نسبتهای اختلاط مواد تشکیل دهنده و غیره..... را نام برد. بطوریکه در بالا اشاره شد در این ضمیمه مطلب اصلی مورد نظر نسبتهای اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن میباشد.

بتن از اختلاط کامل مصالح سنگی و سیمان و آب بدست میآید. مخلوط بدست آمده که بتن تازه نامیده میشود اگر در شرایط مناسب قرار گیرد در اثر واکنش سیمان گرفته و سخت شده و جسم مقاومی بدست میآید. مصالح سنگی در واکنشهای مربوط به گرفتن وارد نمیشوند و باین علت آنها را مصالح بی اثر میگویند. ولی باید توجه داشت که از لحاظ مقاومت بتن دانه های سنگی نقش اساسی داشته و در واقع استخوان بندی اصلی را تشکیل میدهند و خمیر سیمان فقط نقش پر کردن فضای خالی بین دانه های سنگی و بهم چسباندن آنها را برعهده دارد.

حتی المقدور باید از دانه های درشت تر برای ساختن بتن استفاده کرد ولی حد بزرگی دانه ها بعلم مختلف محدود است ( ضخامت قطعات تراکم آرماتور و غیره.....). بعلاوه بکار بردن دانه های سنگی درشت هم به تنهایی به نتیجه مطلوب نرسد زیرا فضای خالی بین دانه ها بالنسبه زیاد بوده و پر کردن آنها با خمیر سیمان مخارج زیادی را ایجاد مینماید و بتن حاصل نیز ترد و شکننده میشود و قابلیت کاربرد آن کم بوده و جا دادنش در قالب مشکل خواهد بود.

با توجه به نکات بالا باید سعی شود که سیمیم نظیر بتن با دانه های سنگی درشت متناسب پر شده و سپس فضای خالی بین آنها با دانه های ریزتر و فضای خالی باقیمانده با دانه های سنگی خیلی ریز و بالاخره حجمیهای کوچکی را که امکان پر کردنشان با دانه های سنگی وجود ندارد با خمیر سیمان پر شود.

باین ترتیب بتنی بدست میآید که تراکم بوده و مقاومت خوبی از خود نشان میدهد و با خواستهای اقتصادی نیز هماهنگی دارد.

روشهای متعددی برای تعیین بهترین نسبت‌های اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن ارائه گردیده است که علیرغم اختلافات زیادی که باهم دارند همه به نتایج مشابهی منجر میشوند و قابل قبول میباشند.

در عمل مطالعه بهترین دانه بندی برای بتن با مطالعه دانه بندی شن و ماسه و تعیین وزن مخصوص ظاهری و وزن مخصوص جرم مصالح سنگی شروع میگردد.

برای مطالعه دانه بندی مصالح سنگی ابتدا باید آنها را در حرارت ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک کرده و به وزن ثابت رسانید و سپس از الکها یا غربالهای مناسبی گذرانید و مانده روی هر الک را وزن کرد و منحنی دانه بندی مربوطه را رسم نمود. اندازه گیری وزن مخصوص ظاهری به کمک ظرفی فولادی که حجم آن مشخص میباشد انجام میپذیرد.

بمنظور از بین بردن اثر جداره ابعاد این ظرف متناسب با قطر بزرگترین دانه های سنگی مورد آزمایش تغییر مینماید. برای اندازه گیری وزن مخصوص شن و ماسه بتن های متعارف که قطر دانه های سنگی آنها از ۳۰ میلیمتر تجاوز نمینماید ظرفی به گنجایش ۱ لیتر بکار میبرند و برای دانه های تا ۶ میلیمتر ظرفی به حجم ۰۵ لیتر کفایت خواهد کرد.

طرز عمل چنین است که ظرف خالی را وزن کرده و سپس آنرا با مصالح مورد نظر پر نموده و مجدداً ورنش را بدست میآورند (که به ترتیب A و B مینامیم) اختلاف دو وزن، وزن دانه های سنگی خواهد بود که از تقسیم آن بر حجم ظرف وزن مخصوص ظاهری بدست میآید.

$$\text{وزن مخصوص ظاهری} = \frac{A-B}{\text{حجم ظرف}}$$

اندازه گیری وزن مخصوص یعنی وزن واحد حجم مواد جامد بدون فضای خالی به دو طریق میسر میباشد.

الف- از طریق اندازه گیری فضای خالی بین دانه های سنگی

بد از طریق توزین هیدروستاتیک یعنی کاربرد اصل ارشمیدس

در روش «الف» باید ظرف به حجم مشخص را وقتی که خالی است وزن نمود (A) و با مصالح سنگی مورد نظر پر کرد و مجدداً ورنش را اندازه گرفت (B) و پس از آن با استفاده از شیری که در پائین ظرف پیش بینی شده باید آبرای با آرمی داخل ظرف نمود و اینکار را تا موقعی ادامه داد که آب به لبه بالای ظرف برسد و با اصطلاح رویزند. در این موقع باید شیر را بسته و اجزای ظرف را تمیز نمود و برای بار سوم ورنش را اندازه گرفت (C). وزن مخصوص از رابطه زیر بدست میآید:

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{B-A}{(C-B) - \text{حجم ظرف}}$$

در روش «ب» از ظرف مخصوص استفاده میشود که کف و جدار آن مشبک بوده و در زیر کفه ترازویی آویزان میباشد. در زیر این ظرف مشبک ظرف دیگری برای آب قرار دارد که سطح آب در آن همیشه ثابت میباشد. موقعی که ظرف مشبک خالی و ترازو در حال تعادل است آب تا گلوگاه ظرف مشبک میرسد.

طرز استفاده چنین است که ابتدا باید مقداری از مصالح سنگی مورد نظر را در کفه ترازو ریخته و آنرا وزن نمود (a) حال این مصالح باید را در ظرف مشبک ریخت تا در آب فرو رود و عمل توزین را باید تکرار کرد (b). مطابق اصل ارشمیدس در حالت دوم باندازه وزن آب هم حجم از وزن نمونه کم میشود و لذا وزن مخصوص برابر خواهد بود با

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{a}{a-b}$$

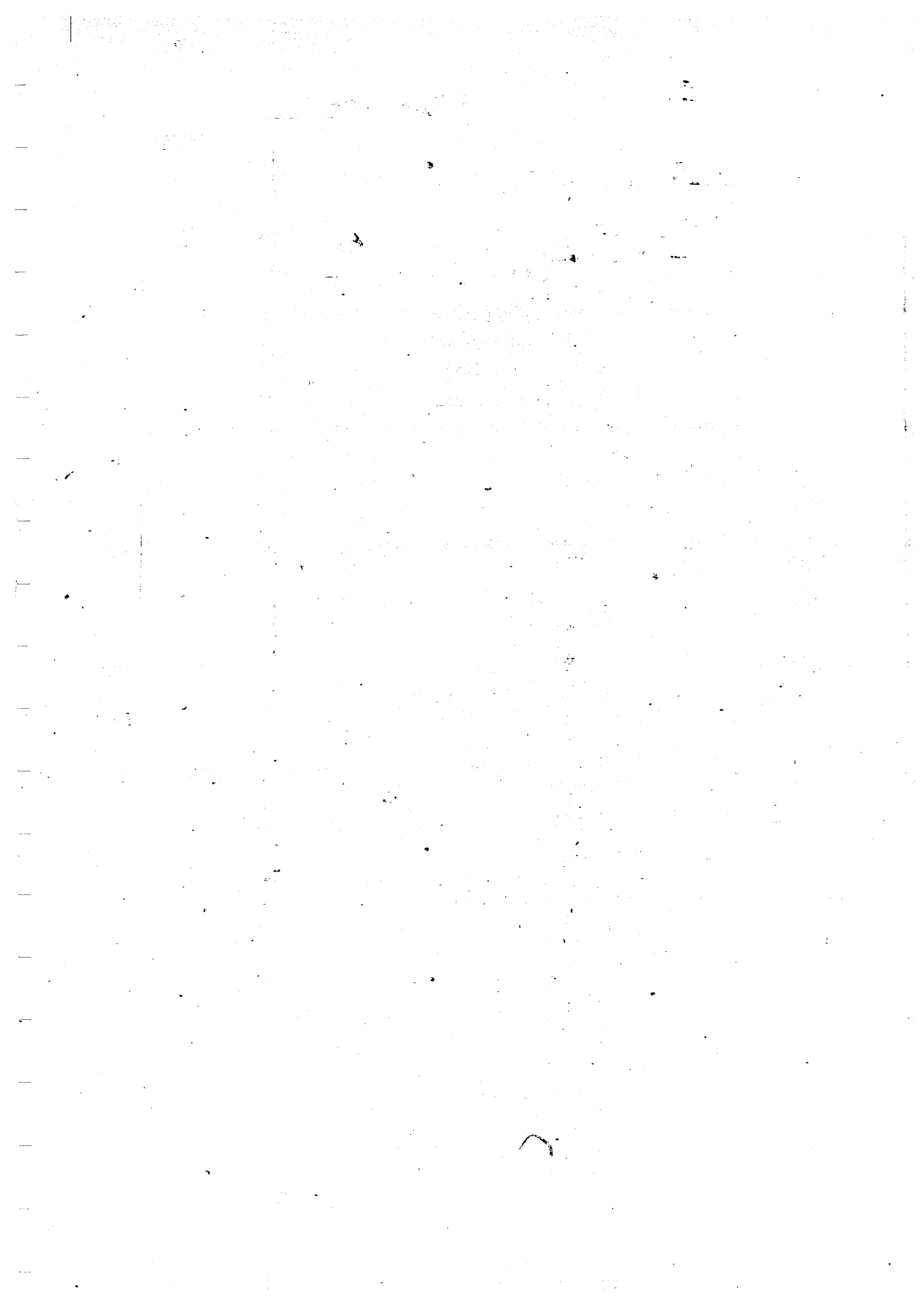
برای اینکه مطالعه مربوط به پیدا کردن بهترین نسبت اختلاط به نتیجه مطلوب برسد باید اطلاعات زیر در دست باشد.

- جنس دانه های سنگی (آشکی، سیلیسی و غیره.....) و نوع آنها (غلتیده یا شکسته).
- عیار سیمان مورد نظر.
- ماهیت بنائی که باید ساخته شود و کوچکترین بعد اضلاع و قطعات ساختمانی.
- تراکم متوسط آرماتور و در صورت امکان یک کروکی آرماتوربندی از پرآرماتورترین قسمتها.

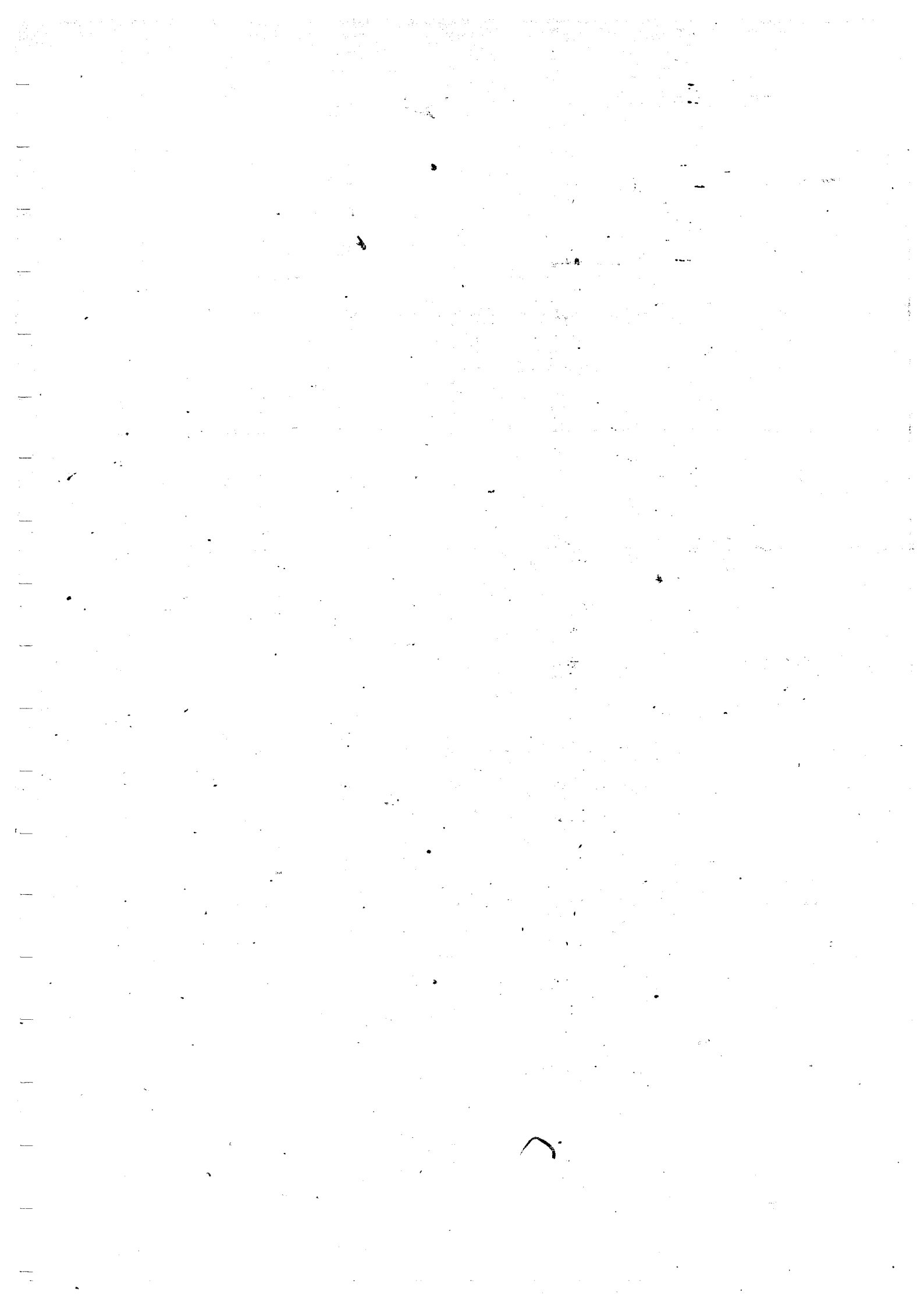
- چگونگی حمل بتن (جام و جرثقیل، پمپ، واگن و غیره.....).
- چگونگی جادادن بتن (ویبراتور سطحی، ویبراتور حجمی و.....).

پس از اینکه با استفاده از مطالعات فوق نسبت های اختلاط دانه های سنگی و سیمان و آب یا عبارت دیگر فرمول کارگاهی اختلاط بدست آمد باید با آن نسبت های اختلاط نمونه آزمایش را ساخت و از نتیجه مطالعات عملاً اطمینان حاصل نمود زیرا همانطور که در ابتدا گفته شد ویژگیهای بتن به عوامل متعددی بستگی دارد و بطور دقیقی نمیتوان حالت روانی و قابلیت کار برد آن و مقاومتش را پیش بینی نمود.

در بعضی حالات برای اطمینان بیشتر ممکن است اثر آرماتور را هم بکمک شبکه های که در داخل نمونه آزمایشی قرار داده میشود در نظر گرفت.



۱۸۵۲



## نمونه گیری بتن و آزمایش فشاری آن

### ۱- کلیات

آزمایش فشاری بتن متداولترین آزمایشی است که بمنظور قضاوت در مورد کیفیت بتن از لحاظ مقاومت بعمل میآید، شکی نیست که تاب فشاری حاصل از آزمایش نمونه‌هایی که ابعادشان محدود بوده و بعلاوه دارای آرماتور نمیباشند نمیتواند دقیقاً مساوی تاب بتن مصرف شده در قطعات بزرگ و یا قطعات بتن آرمه باشد ولی تجربه نشان داده است که این نتایج بخوبی میتواند مبنای مقایسه و اظهار نظر قرار گیرد.

بطور کلی بتن به سه منظور مختلف مورد آزمایش قرار میگیرد.

- ۱-۱- از لحاظ مطالعه در آزمایشگاه و تعیین بهترین نسبتیای اختلاط مواد.
- نمونه‌هایی را که باین منظور ساخته میشوند «نمونه آزمایشگاهی» نامیده میشود.
- ۱-۲- از لحاظ تطبیق کیفیت بتن مصرف شده در ساختمان با آنچه که در آزمایشگاه مطالعه ویا در طرح پیش بینی شده و کنترل مقاومت آن.
- نمونه‌های آزمایشی که باین منظور ساخته میشوند «نمونه کنترل» نام دارند.
- ۱-۳- برای آگاهی از مقاومت بتن و مشخصات مکانیکی آن در زمان معین و مشخصی بمنظور قالب برداری یا شروع بهره‌برداری و غیره.
- نمونه‌های آزمایشی تهیه شده برای اینکار «نمونه آگاهی» خوانده میشود.

### ۲- وسایل آزمایشی

#### ۱-۲- قالب

نمونه‌های آزمایشی با ابعاد و اشکال مختلف ساخته میشود.

نمونه ممکن است بشکل مکعب یا بشکل استوانه باشد. ابعاد قالب نمونه‌های آزمایشی متناسب با قطر دانه‌ها تغییر مینماید.

- ۱-۱-۲- اگر قالب مکعبی بکار ببریم ابعاد آن بشرح جدول شماره ۱ خواهد بود:

ابعاد قالب مکعبی	بزرگترین قطر دانه‌های سنگی
۱۰×۱۰×۱۰ سانتیمتر	کوچکتر از ۱۰ میلیمتر
۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتر	۱۰ تا ۲۰ میلیمتر
۲۰×۲۰×۲۰ سانتیمتر	۲۰ تا ۳۰ میلیمتر
۳۰×۳۰×۳۰ سانتیمتر	۳۰ میلیمتر به بالا

### جدول شماره ۹

- ۱-۲-۲- در صورتیکه از قالب استوانه‌ای استفاده گردد باید قطر استوانه از چهار برابر قطر بزرگترین دانه‌های سنگی بزرگتر و طول استوانه مساوی دو برابر قطر آن باشد.
- کوچکترین قطر مجاز قالب برای نمونه‌های استوانه‌ای ۱۰ سانتیمتر بوده و استفاده از این قالبها وقتی مجاز است که قطر بزرگترین دانه‌های سنگی بتن از ۱۰ میلیمتر تجاوز ننماید.
- برای دانه‌های سنگی ۱۰ تا ۳۰ سیلیستر از استوانه به قطر ۱۰ سانتیمتر و برای دانه‌های درشت تر از ۳۰ میلیمتر از استوانه‌هایی به قطر ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر استفاده میشود.
- ۱-۲-۳- قالبهای نمونه‌های آزمایشی باید از مصالحی که آب جذب نمی‌نماید ساخته شده و اندازه کافی صلب باشند که در موقع ساختن نمونه نمونه تغییر شکل ندهند.
- ۱-۲-۴- کف و لبه فوقانی قالبها نباید بیش از ۰.۵ میلیمتر از یک سطح مستوی انحراف پیدا نمایند.
- ۱-۲-۵- زاویه‌ای که کف و جدار قالب با هم می‌سازند نباید بیش از ۹۰ درجه یا زاویه قائمه اختلاف داشته باشد.
- ۱-۲-۶- اتصالات قالبها باید آب بند بوده و سطوح داخل قالب بمنظور جلوگیری از چسبیدن بتن به آن با قشر نازکی از روغن معدنی و یا هر جسم مناسب دیگر که با سیمان واکنش نشان ندهد آلوده گردد.
- ۱-۲-۷- سطوح جانبی نمونه‌های مکعبی نباید بیش از ۰.۵ میلیمتر از یک صفحه مستوی انحراف پیدا نمایند و زوایای سطوح جانبی با هم نباید بیش از ۰.۵ درجه از زاویه قائمه دور شوند.
- ۱-۲-۸- برای نمونه‌های استوانه‌ای استفاده از قالبهای متوالی مخصوص که فقط یکبار بکار برده میشود مجاز است.
- ۲-۲-۲- میلله برای کوبیدن بتن
- میلله مخصوص کوبیدن عبارت از میل گردی است به قطر ۱۶ میلیمتر و طول ۶۰ سانتیمتر که سر آن کروی شکل است (برای نمونه‌های کوچک سیل گردی به قطر ۱۰ میلیمتر نیز بکار برده میشود).



### ۳-۲- وسائل لرزاندن بتن

برای جا دادن بتن از دستگاههای لرزاند، حجمی یا از میز مرتعش و یا ویراتورهای که روی قالب بسته میشود استفاده می‌گردد.

تعداد لرزش ویراتورهای حجمی که برای جا دادن نمونه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد باید حداقل ۹۰۰ دور در دقیقه و یا بیشتر باشد. قطر خارجی این ویراتورها نباید از ۲ سانتیمتر کمتر و از ۴ سانتیمتر بیشتر اختیار شود و طول آن‌ها باید از ضخامت لایه بتن که باید لرزانده شود بیشتر باشد.

در صورتیکه بتن از خارج لرزانده شود نباید تعداد لرزش از ۳۶۰۰ دور در دقیقه کمتر باشد. این لرزاننده‌ها باید بنحوی مطنینی یا قالب بوم بسته شوند.

۴-۲- لوازم متفرقه نظیر بیلچه و کمچه و پشتک و غیره

۵-۲- لوازم اندازه‌گیری نشست مطابق استاندارد شماره ۴۹۲ سال ۱۳۴۷ مؤسسه

استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

۶-۲- لوازم اندازه‌گیری هوای بتن تازه

یادآوری- لوازم فوق برای تهیه تمام نمونه‌ها اعم از نمونه‌های آزمایشی، آزمایشگاهی و کارگاهی مورد نیاز میباشد. در آزمایشگاه علاوه بر وسائل فوق باید مصالح و لوازم دیگری نیز بشرح زیر در اختیار باشد:

- یک ترازو با ظرفیت و دقت متناسب با حجم نمونه‌هایی که باید ساخته شود.

- مخلوط کننده بتن

### ۴- تعداد نمونه‌ها

۱-۳- تعداد نمونه‌های آزمایشگاهی برای مطالعه اثر هر یک از عوامل مؤثر دو کیفیت

بتن و برای هر آزمایش حداقل ۳ میباشد. اگر آزمایش در سنین مختلف بعمل آید باید برای هر سن ۳ نمونه در نظر گرفته شود. سه نمونه‌ای که برای منظور خاصی تهیه میشوند باید از سه مخلوط که در سه روز مختلف ساخته میشود برداشته شود.

۲-۳- اگر تعداد عواملی که باید مطالعه شود زیاد باشد (مانند نسبتهای اختلاط

مختلف مصالح سنگی و آب و سیمان، روشهای مختلف جا دادن مواد معین مختلف و غیره...) و ساختن حداقل یک نمونه بازاء هر عامل در روز میسر نباشد باید در چند روز متوالی سری نمونه‌ها را کامل کرد و یکی از مخلوط‌ها را هر روز بعنوان مبنای مقایسه مجدداً تهیه نمود.

۳-۳- تعداد نمونه‌های کارگاهی در هر مورد با توجه به حجم بتن مصرفی و تواتر بتن‌ریزی و مشخصات مورد نظر بتن و مشکلات نمونه‌گیری تعیین میگردد  
برای بتن رویه‌های جاده‌ها و نرودگانیا باید برای هر آزمایش شش نمونه کارگاهی تهیه شود.

طرز تهیه نمونه‌های آزمایشگاهی و نمونه‌های کنترل و نمونه‌های آگاهی در موارد مختلف با یکدیگر تفاوتی داشته و لازم است که شرایط خاص مربوط به هر یک که در بندهای مربوط ذکر شده است بدقت مراعات گردد.

### ۴-۱- طرز تهیه نمونه‌های آزمایشگاهی

۴-۱-۱- مناسب‌ترین درجه حرارت محیط آزمایشگاه برای تهیه نمونه‌ها بین ۲ تا ۲۵ درجه سانتیگراد میباشد کم و زیاد شدن درجه حرارت بطور محسوس روی نتایج حاصل از آزمایش اثر خواهد گذاشت.

۴-۲- تهیه نمونه‌های آزمایشگاهی شامل مراحل زیر میباشد:

۴-۲-۱- آماده کردن مصالح :

برای تهیه نمونه‌ها باید ابتدا مصالح را بشرح زیر آماده نمود.

سیمان را (که در جایی خشک و یا در ظروف کاملا محفوظ و دور از رطوبت انبار شده است) باید از الکی به چشمه‌های  $1/18$  میلیمتر ( الک No - 16 آمریکائی ) گذرانده و دانه‌های مانده روی الک را بیرون ریخت.

۴-۲-۱-۲- مصالح سنگی درشت دانه را به چند دسته تقسیم نموده و شسته و انبار مینمایند تا تنظیم دانه‌بندی و نسبت‌های اختلاط بتن مورد نظر براحتی میسر باشد. برای مطالعه بتن‌های متعارف تقسیم دانه‌های سنگی به شن ریز ( نقلی ) ، شن و احتمالاً شن درشت کفایت مینماید ولی برای بتن‌های دقیق باید تعداد تقسیمات را باز هم بیشتر نمود.

۴-۲-۱-۳- مصالح سنگی ریزدانه را نیز باید به چند جزء قسمت کرد و بطور مجزا انبار نمود

۴-۲-۱-۴- مقدار جذب آب و وزن مخصوص چه برای مصالح درشت دانه و چه برای

مصالح ریزدانه باید قبل از مصرف اندازه‌گیری گردد. ایندو عامل از لحاظ مطالعه نسبت‌های اختلاط و مقدار آب اختلاط مورد نیاز خواهد بود.

اگر میزان جذب آب کم باشد ( کمتر از ۱ درصد ) میتوان دانه‌های سنگی را بدون اقدام خاصی وزن کرده و مصرف نمود. در اینحالت باید مقدار کمی آب بمنظور جذب شدن توسط دانه‌ها در مدت گرفتن بتن به مخلوط اضافه نمایند. ولی اگر میزان جذب آب زیاد باشد

دانه‌ها را باید ابتدا از آب اشباع نموده و بسته بمورد یا بصورت «آبدار» و یا بصورت «اشباع شده با سطح خشک» مصرف نمود، در حالتی که مصالح بصورت آبدار مصرف شود عمل توزین را ممکن است در داخل آب انجام داد، در این حالت اگر  $G_1$  وزن لازم و  $\gamma$  وزن مخصوص جرم دانه‌ها باشد، وزنی که باید در آب اندازه‌گیری شود برابر خواهد بود با

$$G_2 = \frac{G_1 - (\gamma_s - 1)}{\gamma}$$

در هر حال مقدار آب سطحی دانه‌ها باید ارزیابی و در محاسبه میزان آب اختلاط منظور گردد  
 ۴-۲-۱-۵- مواد معین باید قبل از اختلاط وزن شده و آماده گردد.

اگر ماده معین بصورت گرد نامحلول و مقدارش در مخلوط کم باشد آن را باید قبلاً با مقداری از سیمان محرفی مخلوط کرد تا توزیع یکنواختی در بتن داشته باشد.

مواد ثانوی غیر محلول که بمیزان نسبتاً زیاد (در حدود ۱ درصد وزن سیمان) به مخلوط اضافه میشود باید همراه سیمان وارد مخلوط کننده گردد. در صورتیکه این مواد جاذب الرطوبه بوده و احتمال بهم چسبیدن و گلوله شدن سیمان در بین باشد، آنها را باید به ماسه اضافه نمود و وارد مخلوط کن کرد.

مواد معین محلول و مایع باید در آب اختلاط حل و سپس وارد مخلوط کننده شود. مواد معینی را که بصورت گرد میباشند ابتدا باید در مقدار کمی آب حل کرد و سپس محلول را به آب اختلاط اضافه نمود. بهر حال روشی که برای اضافه کردن مواد معین اختیار میشود باید از مخلوطی به مخلوط دیگر تغییر نکرده و یا توجه به سهولت کار برد آن در کارگاه انتخاب شود.

#### ۴-۳- تهیه بتن

وقتی مصالح بشرح فوق آماده و مقدار کافی از هر یک بمنظور اختلاط توزین گردید مخلوط را تهیه مینمایند. اختلاط ممکن است با دست و یا با ماشین بعمل آید.

۴-۳-۱- اختلاط با دست فقط برای مقادیر کم بتن (تا ۸ لیتر) و برای پتتهائی که نشست آنها در آزمایش با مخروط آبرام بیش از ۳ سانتیمتر باشد مجاز است.

اختلاط با دست باید در طشتکی که قبلاً سطوح آن تمیز و مرطوب شده است بعمل آید، طرز عمل چنین است که ابتدا سیمان و مواد ثانوی نامحلول را (در صورتیکه موجود باشد) در طشتک ریخته و با هم مخلوط مینمایند سپس مصالح سنگی ریزدانه را اضافه نموده و بخوبی هم میزنند و بالاخره مصالح سنگی دانه درشت را وارد طشتک نموده و آنگاه مخلوط را بر میگردانند که توزیع یکنواخت دانه‌های درشت در مخلوط حاصل شود. در این موقع باید آب اختلاط و مواد معین محلول را (در صورتیکه موجود باشد) اضافه نمود و هم زدن

را تا حصول یک مخلوط یکنواخت باروانی مورد نظر ادامه داد، اگر مخلوط حاصل روانی کافی نداشته باشد اضافه کردن آب بد مخلوط مجاز نبوده و باید آنرا دور ریخت و مخلوط دیگری با آب بیشتر تهیه نمود. پس از اتمام اختلاط باید روی مخلوط را بمنظور جلوگیری از تبخیر آب با وسیله مناسبی پوشانید.

۴-۳-۲- ترجیح دارد که اختلاط بوسیله مخلوط کننده مکانیکی با ظرفیت مناسب بعمل آید بطوریکه پس از پر کردن قالب ها مقداری بتن (در حدود ده درصد حجم قالب عای پر شده) باقی بماند.

اگر برای اختلاط از مخلوط کننده مکانیکی استفاده شود قبل از راه انداختن ماشین باید ابتدا مصالح سنگی دانه درشت و مقداری از آب اختلاط و مواد معین محلول را (در صورتیکه موجود باشد) در جام مخلوط کننده ریخته و سپس آنرا بکار انداخت و در این حال به ترتیب ماسه و سیمان و بقیه آبرای اضافه نمود. اگر وارد کردن ماسه و سیمان و بقیه آب در حال حرکت امکان پذیر نباشد باید ابتدا دستگاه با مصالح سنگی دانه درشت و آب چند دور بگردد، سپس باید آنرا متوقف نموده و بقیه مصالح را اضافه نمود؛ پس از اینکه تمام مواد متشکله بتن در مخلوط کننده ریخته شد باید آنها را بمدت ۳ دقیقه با هم مخلوط کرد سپس سه دقیقه صبر نموده و مجدداً برای مدت دو دقیقه اختلاط را از سر گرفت. در مدت سه دقیقه ای که مخلوط کننده متوقف میباشد باید دهانه آنرا جهت جلوگیری از تبخیر آب با وسیله مناسبی پوشانید. در مورد مخلوط کننده ها باید توجه داشت که همیشه مقداری از خمیر سیمان بچدار آنها چسبیده و باعث میشود که عیار سیمان مقدار واقعی خود را در مخلوط نداشته باشد. این نقص را میتوان بطرق مختلف بشرح زیر جبران نمود:

بلافاصله قبل از شروع تهیه مخلوط، مقدار خیلی کم مخلوط با همان نسبت های اختلاط در مخلوط کننده تهیه کرده و خالی نمود و باین ترتیب چدار مخلوط کننده یا خمیر سیمان آنندود شده و در موقع تهیه مخلوط اصلی تغییر عیار قابل ملاحظه ای پیش نیاید.

می توان مقدار سیمان مخلوط را اندکی بیشتر از حد لازم اختیار کرد. مقدار اضافی با توجه به آمار و تجارب موجود در مورد مخلوط کننده مورد استفاده تعیین میگردد.

پس از اتمام اختلاط مخلوط را باید در طشتک خالی کرده و برای جلوگیری از تبخیر شدن آب بتن تازه روی آنرا با وسیله مناسبی پوشانید.

۴-۴- انجام آزمایشاتی که باید روی بتن تازه بعمل آید

وقتی مخلوط آماده گردید باید بلافاصله نشست آنرا با مخروط آبرام و در صورت لزوم مقدار عزای آنرا با وسائل مربوطه اندازه گیری کرد. همچنین میتوان وزن مخصوص بتن و حجم بتن تهیه شده را بازاء هر کیسه سیمان تعیین نمود.

مقدار بتنی که برای منظور اخیر و برای آزمایش نشست از مخلوط برداشته میشود باید بلافاصله پس از انجام آزمایش به طشتک برگردانده شده و مجدداً با باقیمانده بتن بنحوی مخلوط گردد.

#### ۴-۵- قالب گیری نمونه ها

۴-۵-۱- قالب گیری بهتر است در محلی بعمل آید که در ۴ ساعت اول نمونه ها در آنجا نگهداری خواهند شد. اگر اینکار میسر نباشد باید بلافاصله پس از قالب گیری نمونه ها را محل نگهداری حمل و در آنجا در جایی که خطر هیچگونه حرکت و لرزشی وجود نداشته باشد قرار داد. ریختن بتن در قالبها با یک بیلچه یا سرطاس بعمل میآید. نمونه باید از قسمتی از بتن برداشته شود که حتی الامکان معرف وضع واقعی مخلوط باشد. در صورتیکه ضمن برداشتن بتن خطر جدا شدن دانه های ریز و درشت در بین باشد باید متناوباً مخلوط را در طشتک هم زد. بیلچه یا سرطاس را باید در بالای قالب بطریقی حرکت داد که بتن بنحوی بکنواخت در قالب توزیع گشته و خطر جدا شدن دانه ها از هم بحد قابل برسد. در هر حال پس از ریختن بتن و قبل از میل زدن و یا لرزاندن آن باید قشر بتن را بکمک میله مخصوص کوبیدن بتن، در داخل قالب تنظیم نمود.

برای ریختن بتن در داخل قالبها میتوان از یک قیف و یا از مخروط آبرام که معکوس قرار گرفته باشد استفاده نمود. آخرین قشر بتن باید با اندازه کافی باشد تا قالب پس از میل زدن یا لرزاندن سرخالی نماند. در صورتیکه استثنائاً سر قالب اندکی خالی بماند پر کردن آن با قسمت دانه ریز بتن که مطمئناً معرف وضع بتن نخواهد بود مجاز نیست.

۴-۵-۲- تعداد لایه ها با توجه بابعاد قالب و وسیله جادادن بتن مطابق جدول شماره ۲ خواهد بود.

جدول شماره ۲

شکل نمونه	ابعاد قالب	وسیله جادادن	تعداد لایه
استوانه	تا قطر ۱۰ سانتیمتر	میل زدن	۳
	به قطر از ۱۰ سانتیمتر به بالا	میل زدن لرزاندن	به تعداد لازم، ۴ یا بیشتر
مکعب	تا قطر ۲۰ سانتیمتر	لرزاندن	۲ یا بیشتر
	تا ۲۰ × ۲۰ × ۲۰ سانتیمتر	میل زدن	۲
	از ۲۰ × ۲۰ × ۲۰ سانتیمتر به بالا	میل زدن	۳ یا بیشتر
	تا ۲۰ × ۲۰ × ۲۰ سانتیمتر	لرزاندن	۱
	از ۲۰ × ۲۰ × ۲۰ سانتیمتر به بالا	لرزاندن	۳ یا بیشتر

۴-۶- جا دادن بتن نمونه ها

۴-۶-۱- جا دادن بتن در قالبها ممکن است بکمک کوبیدن و میل زدن و یا لرزاندن بعمل آید. بتن هائیرا که در آزمایش با مخروط آبرام نشست بیش از ۷ سانتیمتر داشته باشد یعنی بتن های روان را نمیتوان لرزاند و جا دادن آنها حتماً باید بکمک میل زدن و کوبیدن با میله مخصوص که سر آن کروی شکل است بعمل آید. بتن هائی را که نشست آنها بین ۳ تا ۷ سانتیمتر باشد میتوان خواه بوسیله کوبیدن و میل زدن و خواه بوسیله لرزاندن در قالب جا داد. جا دادن بتن هائی با نشست کمتر از ۳ سانتیمتر بوسیله لرزاندن بعمل میآید. استفاده از ویراتورهای حجمی برای نمونه های کوچک مجاز نمیشد و اگر بتن چنین نمونه هائی با لرزش جا داده شود باید از میز مرتعش و یا ویراتور هائی که بجدار خارجی قالب بسته میشود استفاده گردد. همچنین بتن های سنت و کم آب که نشست آنها در حدود صفر میباشد باید با لرزش خارجی جا داده شود زیرا در صورت استفاده از ویراتور حجمی جای ویراتور در موقع خروج خوب پر نمیشود و نقطه ضعیفی در نمونه بوجود میآید. ۴-۶-۲- برای بتنهای خیلی سفت که جا دادن آنها با لرزش نیز بخوبی میسر نمیشد میتوان از وزنه هائی که در روی سطح بتن قرار داده میشود کمک گرفت. در اینحالت باید لرزش خارجی نسبتاً شدید بوده و تا وقتی ادامه پیدا نماید که شیره بتن در کناره های وزنه ظاهر شود. ۴-۶-۳- در صورتیکه برای جا دادن بتن از میل زدن استفاده شود باید لایه زیرین بتن در تمام ضخامت پیغوبی کوبیده شده و کوبیدن لایه های بعدی چنان انجام گیرد که میله در حدود یک تا دو سانتیمتر در لایه ماقبل فرورود.

ضربات باید بطور یکنواخت در سطح لایه توزیع گردد و پس از اتمام کوبیدن در صورتیکه رد میله در بتن باقیمانده باشد باید با راسی به سطوح قالب ضربه (تقه) زد تا فضا های خالی از بین برود. تعداد ضربات لازم برای کوبیدن مرفشر از جدول شماره ۳ بهست میآید:

جدول شماره ۳

تعداد ضربات لازم برای هر لایه	قطر میله مخصوص کوبیدن	ابعاد نمونه	شکل نمونه
۲۵	۱۰ میلیمتر	به قطر کوچکتر از ۱۰ سانتیمتر	استوانه
۲۵	۱۶ میلیمتر	به قطر ۱۰ سانتیمتر	
۵۰	" ۱۶	به قطر ۲۰ سانتیمتر	
۷۵	" ۱۶	به قطر ۲۵ سانتیمتر	
۲۵	۱۰ میلیمتر	تا ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتر	مکعب
۲۵	" ۱۶	۱۵×۱۵×۱۵	
۵۰	" ۱۶	۲۰×۲۰×۲۰	
۱۰۰	" ۱۶	۳۰×۳۰×۳۰	

۴-۶-۴ در صورتیکه از لرزاندن برای جادادن بتن استفاده شود باید مدت لرزش هر لایه با توجه به نوع بتن و نوع ویراتور و ابعاد قالب تعیین شود. اگر لرزش کافی نباشد بتن کاملاً متراکم نخواهد گردید و اگر بتن بمدتی بیش از اندازه لازم لرزانده شود دانه‌های ریز و درشت از هم جدا خواهند شد. معمولاً با ویراتوری که فرکانس آن در حدود ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ لرزش در دقیقه باشد مدت زمان لرزش در مورد بتن‌های سنت بین ۱۰ تا ۲۰ ثانیه و برای بتنیای خمیری در حدود ۱۰ تا ۱۵ ثانیه خواهد بود. و در هر حال لرزاندن بتن باید تا حدی ادامه پیدا نماید که بتن کاملاً متراکم شود.

۴-۶-۵ لرزاندن هر لایه باید وقتی شروع شود که تمام بتن مورد نیاز برای آن لایه در قالب ریخته شده باشد. در صورتیکه از ویراتور حجمی برای جادادن بتن استفاده شود باید لایه زیرین در تمام ضخامت خود لرزانده شده و ویراتور به کف و جدارهای قالب برخورد نماید. لایه‌های دیگر باید طوری لرزانده شوند که ویراتور قشر ماقبل را نیز بعضی حدود دو سانتی‌متر تحت تأثیر قرار دهد. پس از اتمام لرزش هر لایه در صورتیکه رد ویراتور در بتن باقی مانده باشد باید با راسی بسطوح جانبی قالب ضربه زد (تقه زد) تا حبابهای هوا خارج شوند و بتن جای خالی ویراتور را بگیرد.

۴-۶-۶ قطر ویراتور حجمی باید نه از یک چهارم قطر نمونه های استوانه‌ای و نه از یک پنجم بعد قالبهای مکعب شکل تجاوز نماید.

۴-۶-۷ ویراتور باید در سه نقطه متفاوت قالب استوانه‌ای و در چهار نقطه متفاوت قالب مکعب شکل فرو برده شود.

۴-۶-۸ در صورتیکه از لرزش خارجی برای جادادن بتن استفاده شود باید پیش‌بینی‌های لازم جهت اتصال کامل ویراتور به قالب بعمل آید.

۴-۶-۹ پس از اتمام جادادن بتن بوسیله میل زدن و یا لرزاندن باید بلافاصله سطح آنرا با کمیچه و یا مالیه مناسبی تنظیم و تسطیح نمود. وقتی که از ویراتور خارجی برای جادادن بتن استفاده می‌نمایند تنظیم سطح نمونه و تسطیح آن هم‌زمان لرزاندن آخرین لایه اسکان پذیر میباشد. تسطیح باید با حداقل دستکاری ممکن بعمل آمده و سطح ایجاد شده با لبه‌های قالب هم‌تراز باشد. انحراف این سطح از سطحی که بوسیله لبه‌ها ایجاد میشود نباید بیش از ۲ میلی‌متر باشد. عمل تسطیح ممکن است با استفاده از وسیله مخصوص کوپیدن بعمل آید. برای اینکار میله مزبور را از یکطرف قالب در روی لبه‌ها تکیه داده و با حرکت غلت توأم با لغزش بطرف دیگر قالب میرانند باین ترتیب بتن اضافی از روی قالب برداشته شده و سطح نمونه نیز صاف میگردد.

۴-۶-۱۰ بلافاصله پس از اتمام تسطیح باید نمونه‌ها را شماره‌گذاری نموده و روی آنها را با وسیله مناسبی پوشاند تا از تبخیر آب بتن تازه جلوگیری شود. اینکار را ممکن است با استفاده

از یک ورق فلزی و یا شیشه‌ای انجام داد. پوشاندن نمونه‌ها با دو لاگونی تر نیز امکان پذیر میباشد. در اینحالت باید گونی تا موقع درآوردن نمونه از قالب بحالت تر نگهداشته شود. کشیدن یک روکش نایلونی برای جلوگیری از تبخیر آب نیز مناسب میباشد.

۴-۶-۱ شماره گذاری نمونه باید بوسیله مناسبی روی قالب بعمل آید و خراشیدن سطح نمونه با سیخ و فنلتر آن بمنظور شماره گذاری مجاز نمیشود.

#### ۴-۷-۷- نگه‌داری نمونه‌ها

۴-۷-۱ درآوردن نمونه‌ها از قالب بفاصله ۳ الی ۵ ساعت پس از بتن ریزی بعمل آمده و نمونه‌ها را پس از خروج از قالب تا موقع آزمایش در آب آهک اشباع شده به حرارت ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری مینمایند.

۴-۷-۲ اگر آزمایشگاه باطابق مرطوب مخصوص نگهداری نمونه‌ها مجهز باشد میتوان نمونه‌ها را در اطاق مزبور که درجه رطوبت آن در حدود ۹۵ درصد و حرارت آن در حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد میباشد نگهداری نمود. در این حالت باید توجه داشت که آب روی نمونه‌ها نه چکیده و یا در کشتار آن جریان پیدا ننماید.

۴-۷-۳ نمونه‌هایی که از قالب خارج میشوند باید خیلی با احتیاط حرکت داده شده و در ۸ ساعت اول، پس از خروج از قالب در محلی که خطر هیچگونه حرکت و لرزشی وجود ندارد انبار شوند.

۴-۷-۴ وقتی نمونه‌ها از قالب خارج شد باید شماره آن را که پس از اتمام قالب‌گیری روی قالب نوشته شده به وسیله مناسبی مثلاً رنگ سیاه روی خود نمونه منعکس نمایند.

۴-۷-۵ زایشن یک شماره ردیف روی نمونه کافی خواهد بود مشروط بر اینکه سایر اطلاعات لازم روی ورقه مخصوص یادداشت گردد.

#### ۵- ملرز تهیه نمونه‌های کنترل

۵-۱ نمونه‌های کنترل، نمونه‌های کارگاهی میباشد یعنی از بتنی که در کارگاه تهیه میشود گرفته میشوند. حداقل قطر نمونه‌های استوانه‌ای که در کارگاه گرفته میشوند ۱۵ سانتیمتر بوده و نمونه‌های مکعبی کوچکتر از  $10 \times 10 \times 10$  سانتیمتر نباید در کارگاه تهیه شوند.

۵-۲ بتن لازم برای ساختن نمونه‌های کنترل باید مطابق روش مندرج در استاندارد شماره ۴۸۹ - ۱۳۴۷ ایران، برداشت شود.

۵-۳ ساختن نمونه‌ها و مخلوط کردن مجدد آنها با یکدیگر و انجام آزمایشات روی بتن تازه، قالب‌گیری نمونه‌ها و جا دادن بتن نمونه‌ها مانند عملیات نظیر برای نمونه‌های آزمایشگاهی مندرج در بند ۴ خواهد بود.



در این مورد باید توجه داشت که آزمایشات روی بتن تازه بلافاصله حداکثر ۰ دقیقه پس از آماده شدن مخلوط شروع شده و قالب گیری نمونه ها و جا دادن بتن آنها حداکثر در ظرف پانزده دقیقه پس از کامل شدن برداشتها و اختلاط مجدد آنها با تمام برسد.

۴-۵- نگهداری نمونه های کنترل در ۲ ساعت اول پس از تهیه باید به ترتیبی انجام پذیرد که حرارت اطراف آنها از ۱۶ درجه سانتی گراد کمتر و از ۲۷ درجه سانتی گراد بیشتر نباشد. تنظیم درجه حرارت بوسیله تهویه و یا با استفاده از خاصیت خنک کننده تبخیر آب از ماسه تر و یا گونی نم دار و یا بالاخره بکمک گرمایش محیط با وسائل مختلف انجام می پذیرد. ۵-۵- علاوه بر تنظیم درجه حرارت باید اقدامات لازم بمنظور جلوگیری از تبخیر سریع آب بتن تازه بعمل آید. در آب و هوای مناسب میتوان نمونه های کنترل را در زیر گونی نم دار و یا ماسه مرطوب نگهداری نمود. اگر شرایط جوی مناسب نبوده و دقت بیشتری لازم باشد باید از محفظه های مخصوصی که ممکن است با چوب یا فلز و یا مصالح دیگر ساخته شوند و یا از اطاقک موقت که بمنظور نگهداری نمونه ها ساخته میشود استفاده نمود. در هر حال باید بوسیله یک حرارت سنج ماکزیموم و مینیموم دار آماری از درجه حرارت نمونه ها تهیه گردد.

۶-۵- نمونه های کنترل را پس از ۲ الی ۲۰ ساعت از قالب خارج نموده و عیناً مانند نمونه های آزمایشگاهی نگهداری نمایند و برای اینکار نمونه ها را باید با آزمایشگاه کارگاه و یا آزمایشگاهی که مسئول آزمایش آنها میباشد فرستاد. حمل و نقل نمونه ها باید در جعبه های چوبی آب بند در حالیکه زیر و رو و اطراف آنها از ماسه نم دار پوشیده شده است بعمل آید. استفاده از وسائل حمل دیگر نیز در صورتیکه مانع ضربه خوردن نمونه ها و تبخیر سریع آب آنها گردد بلا اشکال میباشد. همچنین ضمن حمل و نقل باید از یخ زدن نمونه ها جلوگیری بعمل آید.

۷-۵- نمونه ها بلافاصله پس از رسیدن با آزمایشگاه باید در شرایط استاندارد که برای نمونه های آزمایشگاهی شرح داده شد نگهداری شوند.

## ۶- طرح تهیه نمونه های آگاهی

۱-۶- نمونه های آگاهی در کارگاه تهیه شده و قطر قالب استوانه ای و یا بعد قالب مکعبی برای تهیه این نمونه ها نباید از ۱۰ سانتیمتر کمتر باشد.

۲-۶- بتن لازم برای تهیه این نمونه ها ازبتنی که در محل نیائی خود تخلیه شده برداشت میشود. برداشتها باید حداقل در سه نقطه متمایز بعمل آمده و سپس روی سطحی که آب جذب نمینماید مجدداً با هم مخلوط شوند. برداشتها باید بدقت در مقابل تابش آفتاب و ریزش باران و سایر عوامل حفاظت شوند.

۳-۶ پس از اتمام نمونه گیری باید آزمایشات اولیه یعنی اندازه گیری نشست و در صورت لزوم آزمایش تعیین مقدار هوای بتن تازه بعمل آمده و سپس ساختن نمونه ها آغاز گردد .  
۶ - ۴ قالب گیری نمونه ها عیناً مانند نمونه های آزمایشگاهی بوده ولی جادادن بتن حتی الامکان با وضعی مشابه خود ساختمان انجام خواهد گرفت .

۶-۵ نمونه ها در نزدیکی و یا در صورت امکان در همان قسمت از بنا که باید معرفی باشند نگهداری شده و شرایط نگهداری آنها شبیه خود بنا خواهد بود .

۶-۶ در آوردن نمونه ها از قالب هم زمان با قالب خود بنا انجام گرفته و در صورتیکه نمونه ها بمنظور تعیین زمان بهره برداری تهیه شده باشند پس از خارج شدن از قالب بطور آزاد در معرض همان شرایط جوی که خود بنا قرار دارد واقع خواهند گردید .

#### ۷ - سن آزمایش نمونه ها

۱-۷ نمونه ها در سنین مختلف مورد آزمایش قرار میگیرند. نمونه های آزمایشگاهی و نمونه های کنترل معمولاً پس از ۳، ۷، ۱۴، ۲۸، و ۹۰ روز و گاهی پس از یکسال تحت آزمایش فشاری قرار میگیرند. آزمایش ۷ روزه و ۲۸ روز بیش از همه متداول میباشد .

۲-۷ نمونه های آگاهی در سنی مورد آزمایش قرار میگیرد که برای قالب برداری یا شروع بهره برداری و غیره در نظر گرفته شده است .

#### ۸ - طول آزمایش نمونه ها

۱-۸ آزمایش نمونه ها باید با پرس که بتواند بار را بطور یکنواخت و پیوسته و با سرعت دلخواه افزایش دهد بعمل آید . ظرفیت این پرس باید کافی جهت وارد آوردن بار گسیختگی باشد.  
۲-۸ پرس باید مجهز به دو سینی باشد که سینی فوقانی دارای اتصال کروی خواهد بود. سطوح سینی ها نباید بیش از ۰.۲٪ میلیمتر در ۱۰ سانتیمتر از یک سطح مستوی انحراف داشته باشند .

۳ - ۸ - سطح فوقانی نمونه باید قبل از آزمایش کاملاً مستوی و مسطح گردد - مستوی کردن سطح فوقانی نمونه معمولاً بوسیله گچ مجسمه سازی و یا ماسه ریز یکنواخت بضمایمات یک تا دو میلیمتر انجام میشود . اگر مستوی کردن سطح فوقانی نمونه بوسیله گچ مجسمه سازی انجام شود باید پس از مستوی کردن سطح نمونه آنتدر تأمل کرد تا گچ کاملاً خود را گرفته و سپس آزمایش تاب فشاری شود . گچ مورد بحث را باید بصورت خمیر نسبتاً غلیظی در روی صفحه شیشه ای روغن مالی شده اندود کرد ، سپس باید سطح فوقانی نمونه را بر روی این اندود قرار داد تا خمیر گچ به این سطح پیوسته و سطح نمونه کاملاً صاف و مستوی گردد - برای اینکه پس از مستوی کردن سطح مورد نظر دو محور اصلی

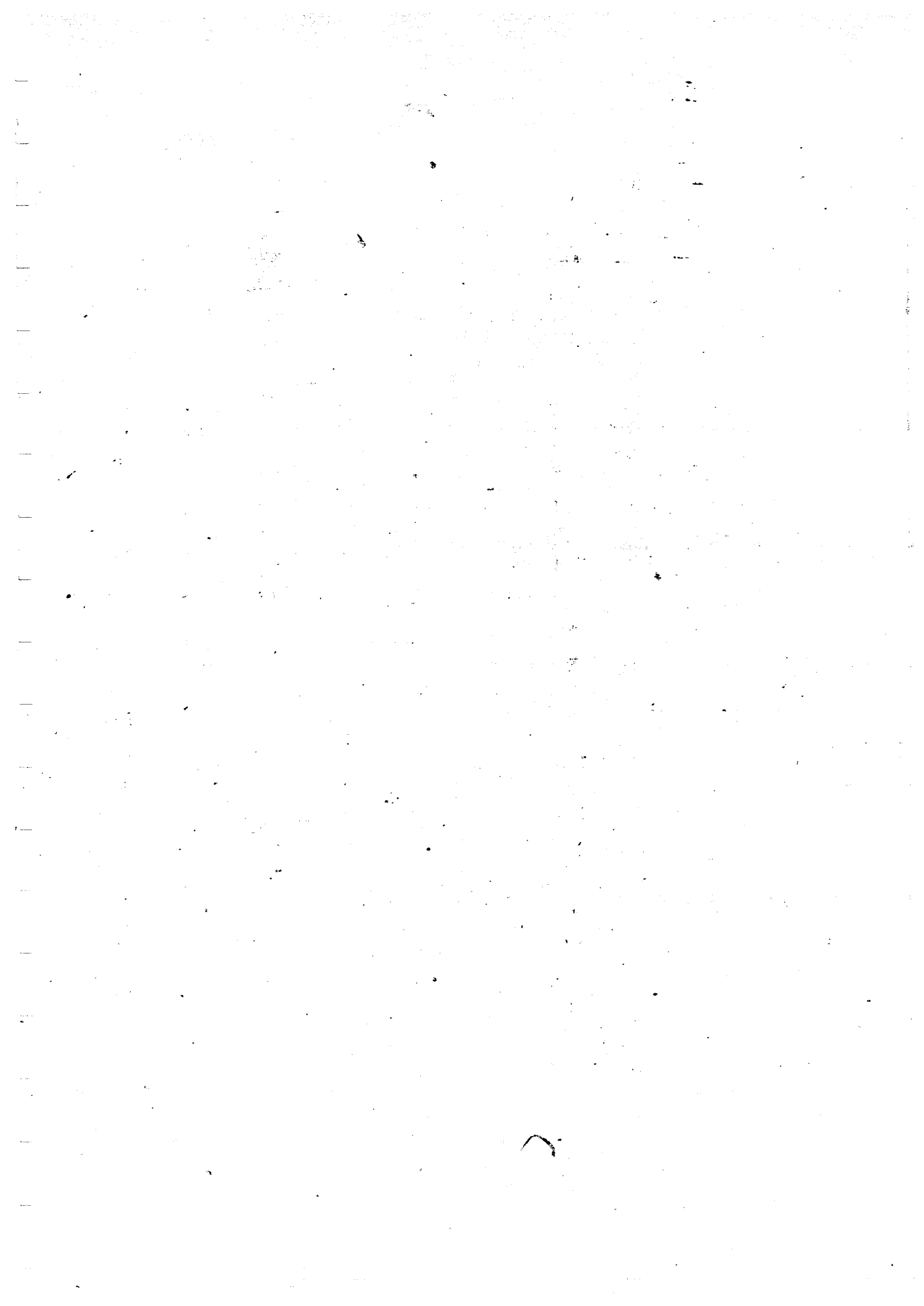
نمونه همچنان عمود بر هم باقی باشند باید عمل قرار دادن نمونه بر روی خمیر گچ به کمک یک گونیای بلند انجام گیرد.

۸ - ۴ - دستگاه آزمایش فشاری باید منظمأ کنترل و تصحیح شود. تصحیح دستگاه پس از هر ۱۰۰۰۰ آزمایش و یا هر دو سال یکبار صورت میگیرد.

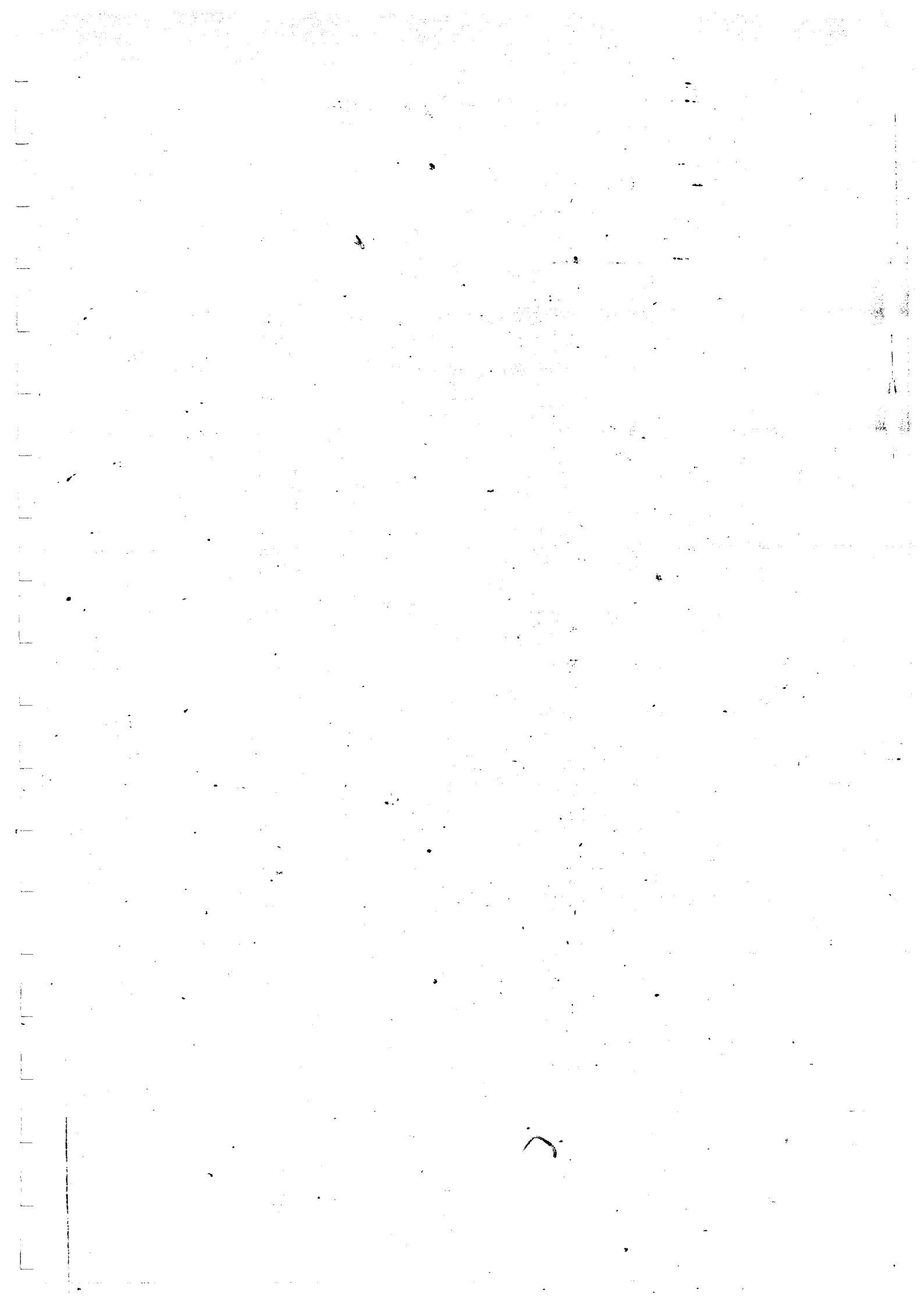
۸ - ۵ - قبل از شروع آزمایش باید اطمینان حاصل کرد که سطح اتکاء نمونه افقی بوده و نیروی وارده بطور قائم بر آن وارد میشود. بوسیله دستگاه اندازه گیر زاویه دو محور و یا حتی بکمک گونیای بلند میتوان عمود بودن دو محور را تعیین کرد.

۸ - ۶ - نمونه های مورد آزمایش را باید پس از خارج کردن از آب و خشک کردن سطوح خارجی و مستری کردن سطح فاصات در زیر دستگاه آزمایش فشاری قرار داد و فشار را بصورت کاملاً یکنواخت و آرام بر آن وارد کرد. سرعت ازدیاد بار باید بنحوی تنظیم گردد که نمونه زمان کانی برای انتقال فشار وارد بتمام ذرات خود داشته باشد و نباید افزایش تنش فشاری نمونه در هر ثانیه از ۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تجاوز نماید.

۸ - ۷ - وارد کردن فشار بر نمونه باید آتدر ادامه یابد تا نمونه شکسته شده و عقربه تعیین فشار دیگر حرکتی نکند. حداکثر بار وارده که باعث شکسته شدن نمونه میشود بعنوان بار حداکثر باید یاد داشت گردد، حاصل تقسیم بار حداکثر بر سطح مقطع نمونه تاب گسیختگی فشاری نمونه نامیده میشود.



ضمیمہ شمارہ ۱۹۵



## آزمایش خمشی بتن

آزمایش خمشی بتن بمنظور تعیین تاب کششی آن در خمش، روی نمونه‌های منشوری و بدو طریق انجام میگیرند:

- بابرگذاری در وسط تیر منشوری
  - با بارگذاری در دو نقطه هریک بفاصله یک سوم دهانه از تکیه‌گاه مجاور.
- روش اول برای بتنهای با مصالح سنگی ریزدانه که تهیه نمونه با ابعاد کوچک را امکان پذیر میسازد بکار برده میشود و عمومیت زیادی ندارد.
- روش دوم متداول تر بوده و باید برای آزمایش بتن رویه‌های جاده‌ها و فرودگاهها مورد استفاده قرار گیرد و شرح زیر است.
- نمونه‌های آزمایشی

اگر قطر بزرگترین دانه‌های سنگی از ۴ میلیمتر تجاوز ننماید نمونه‌های منشوری با ابعاد  $16 \times 16 \times 50$  سانتیمتر و در صورتیکه قطر بزرگترین دانه‌های سنگی بین ۴ تا ۶۰ میلیمتر باشد نمونه‌های منشوری با ابعاد  $20 \times 20 \times 60$  سانتیمتر بکار خواهد شد.

برای بتن‌های با دانه‌های سنگی بزرگتر از ۶۰ میلیمتر باید ابعاد منشور را باز هم بیشتر نمود بطوریکه کوچکترین بعد مقطع عرضی از سه برابر قطر بزرگترین دانه‌های سنگی بیشتر گردد.

در مورد ابعاد نمونه‌ها باید سعی نمود که حتی الامکان عرض مقطع با ارتفاع آن مساوی برده و در هر حال از  $1/5$  برابر آن تجاوز ننماید و طول نمونه باید طوری اختیار گردد که دهانه منشور در موقع بارگذاری در حدود سه برابر ارتفاع آن باشد.

سطوح جانبی منشور باید به یکدیگر و بدو انتهای آن عمود باشند.

اصول کلی تهیه و نگهداری نمونه‌های خمشی نظیر نمونه‌های فشاری میباشد که در ضمیمه شماره (۱۸) شرح داده شده است بعلاوه باید نکات زیر نیز در تهیه و مراقبت از نمونه‌های خمشی رعایت گردد:

بتن ریزی نمونه باید از طرف سطح بزرگ منشور و در چند لایه مساوی انجام گیرد .  
بتن هر لایه باید به‌طور یکنواخت در قالب توزیع و سپس کوبیده و یا لرزنده شود . بتن  
باید از قسمتی بر داشته شود که تا حد ممکن معرف نوع بتن مورد آزمایش باشد .

بتن دایک که نشست آنها در آزمایش با مخروط آبرام ( ضمیمه شماره ۱۶ ) بیش از ۷۰  
میلیمتر باشد با میلۀ مخصوص که سر آن بصورت نیمکره میباشد کوبیده میشوند . بتن خائی  
را که نشست آنها بین ۳۰ تا ۷۰ میلیمتر میباشد میتوان بوسیله کوبیدن و یا لرزش در قالب  
جا داد . در صورتیکه نشست از ۳۰ میلیمتر کمتر باشد جا دادن باید حتماً بکمک لرزش  
انجام پذیرد .

لرزاندن بتن را ممکن است با سبز مرتعش و یا با وایبراتور حجمی عملی نمود .  
در صورت اول باید قالب بخوبی روی سبز نگهداری شود و در صورت دوم باید قطر  
وایبراتور از  $\frac{1}{3}$  کوچکترین بعد مقطع بزرگتر نباشد .

در حالت اخیر نقاط اثر وایبراتور روی محور نمونه و فاصله آنها از یکدیگر ۱۵ سانتیمتر  
خواهد بود . در صورتیکه عرض نمونه از ۱۵ سانتیمتر بیشتر باشد میتوان نقاط اثر وایبراتور را  
روی دو خط موازی با محور منشور بطور زیگزاگ توزیع نمود .

بتن باید بحدی لرزنده شود که بخوبی جا افتاده و متراکم شود . لرزاندن زیاد بتن  
باعث جدا شدن دانه‌های ریز و درشت از یکدیگر میگردد .

تعداد لایه‌ها با توجه بابعاد منشور و وسیله جا دادن بتن از جدول زیر بدست  
میآید :

ابعاد مقطع عرضی منشور	وسیله جا دادن	تعداد لایه
۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر	کوبیدن	۲
بیشتر از ۲۰ سانتیمتر	کوبیدن	۳ یا بیشتر
۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر	لرزاندن	۱
بیش از ۲۰ سانتیمتر	لرزاندن	۲ یا بیشتر

تعداد ضربات لازم برای کوبیدن لایه‌ها تقریباً یک ضربه بازاء هر ۱۰ سانتیمتر مربع  
سطحی است که باید کوبیده شود . ضربات باید بطور یکنواخت در تمام سطح توزیع گردد .

لایه زیرین باید در تمام ضخامت کوبیده شود و کوبیدن لایه‌های روئی باید طوری  
انجام گیرد که میلۀ در حدود ۱ تا ۲ سانتیمتر در لایه ماقبل فرو رود . پس از اتمام کوبیدن  
هر لایه باید گوشه‌ها و قسمت‌های نزدیک به جدار را با بیابچه و یا کمرچه متراکم نمود بطوریکه  
حباب هوا در این قسمت‌ها باقی نماند .



در موقع لرزاندن لایه زیرین با ویبراتور حجمی نباید ویبراتور به کف و جدار قالب برخورد نماید لرزاندن هر لایه باید به‌سوی انجام پذیرد که ویبراتور در حدود ۲ سانتیمتر در لایه ماقبل فرو رود و پس از اتمام عمل لرزاندن هر لایه باید با راسی بسطح جانبی قالب ضربه زد (تقه زد) تا حباب‌بینای هوا که احتمالاً در مجاورت جدار قالب وجود دارند خارج شوند بتن لایه‌روئی باید با اندازه کافی ریخته شود که پس از کوبیدن یا لرزاندن سر قالب خالی نماند و پس از اتمام جا دادن بتن سطح فوقانی باید با تخته ساله مسطح گردد. پرکردن سر قالب در صورتیکه اندکی خالی مانده باشد با قسمت ریزدانه بتن که مطمئناً معرف وضع بتن نخواهد بود مجاز نمیباشد.

بلافاصله پس از اتمام تسطیح بمنظور جلوگیری از تبخیر آب بتن تازه باید سطح نمونه را با وسیله مناسبی مانند ورق فلزی یا روکش پلاستیکی پوشانند. پوشاندن سطح نمونه با دو لاگونی تر نیز میسر می‌باشد و در اینصورت باید تا موقع در آوردن نمونه از قالب، گونی را تر نگیداری نمایند. کشیدن یک ورق نایلونی روی گونی حصول این منظور را تسهیل مینماید.

نمونه‌ها در ۴۸ ساعت اول باید روی یک سطح افقی بدون لرزش و بدون حرکت نگهداری شوند و درجه حرارت اطراف آنها نباید از ۲ درجه سانتی‌گراد کمتر و از ۲۰ درجه بیشتر باشد.

باز کردن قالب نمونه‌ها. بفاصله ۲۰ تا ۴۸ ساعت بعد از ساختن انجام می‌پذیرد. نمونه‌هایی را که بمنظور مطالعه و تعیین بهترین نسبت اختلاط مواد متشکله بتن در آزمایشگاه ساخته‌اند پس از خارج کردن از قالب در آب آهک اشباع شده و در حرارت ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری مینمایند.

نگهداری این نمونه‌ها در اطاق با درجه رطوبت بیش از ۹۰ درصد و درجه حرارت بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز میسر می‌باشد مشروط بر آنکه حداقل ۲۰ ساعت قبل از انجام آزمایش خمشی نمونه را در آب آهک یا همان شرایط فوق قرار بدهند.

نمونه‌هاییکه در کارگاه و بمنظور کنترل انطباق کیفیت بتن مصرف شده با بتنی که قبلاً در آزمایشگاه مطالعه گردیده، ساخته میشوند باید در شرایطی نظیر نمونه‌های آزمایشگاهی که فوقاً بان اشاره شد نگهداری و مراقبت شوند.

نمونه‌هاییکه برای آگاهی از کیفیت بتن در زمانی معین بمنظور قالب‌برداری یا شروع بهره‌برداری و غیره ساخته میشوند باید در چهل و هشت ساعت اول دو نزدیک‌ترین تقفه به ساختمان مورد نظر و با وضعی مشابه بان نگهداری شوند. در انتهای ۴۰ تا ۵۰ ساعت باید نمونه را به محلی در نزدیکی آزمایشگاه موجود در کارگاه منتقل نموده و در آنجا از قالب خارج نمایند.

پس از خارج نمودن از قالب باید نمونه‌ها را بشرح زیر نگهداری و مراقبت نمود :

- نمونه‌های مربوط به رویه‌های بتنی را باید بیجان شکلی که بتن ریزی شده‌اند در روی زمین قرار داده و طرفین و دو انتهای آنها که قبلا با قالب در تماس بوده‌اند با خاک مرطوب یا ماسه نم‌دار پر نمود . سطح فوقانی نمونه باید به همان ترتیب که رویه بتنی مراقبت میشود نگهداری شود .

- نمونه‌های مربوط به ساختمانها باید در نزدیکی ساختمان انبار شده و تحت همان شرایط حرارتی و رطوبتی خود ساختمان نگهداری شوند .

هر دو نوع نمونه پس از ختم دوره مراقبت باید بطور آزاد و مانند خود رویه و یا ساختمان در معرض عوامل جوی قرار گیرند .

تمام نمونه‌ها را باید ۲۰ تا ۲۵ ساعت قبل از آزمایش از انبار کارگاه بیرون آورده و در آب به حرارت ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داد تا در سوه آزمایش تمام سطح آن رطوبت یکنواختی داشته باشد .

چه در مورد نمونه‌های آزمایشگاهی و چه در مورد نمونه‌های کنترل وجه در مورد نمونه‌های آگاهی باید دقت شود که در فاصله خارج کردن از آب آنگاه تا اتمام آزمایش سطح نمونه خشک نشود زیرا خشک شدن سطح نمونه تارهای انتهائی منشور را تحت تأثیر قرار داده و مقاومت کششی را بنحوی قابل ملاحظه‌ای تقلیل میدهد .

آزمایش نمونه‌ها

آزمایش نمونه‌ها طبق روش مشروح در استاندارد شماره ۴۹۰ - ۱۳۴۷ ایران بعمل خواهد آمد .

از شش نمونه گرفته شده ۳ نمونه ۷ روزه و ۳ نمونه دیگر ۲۸ روزه آزمایش میشود . در این آزمایش مقاومت خمشی بتن رویه‌های بتنی نباید از ۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع کمتر باشد . این مقدار در مناطق سردسیر حداقل باید ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد .

استاندارد شماره ۴۹۰ سال ۱۳۴۷ ایران

۱- دامنه کاربرد

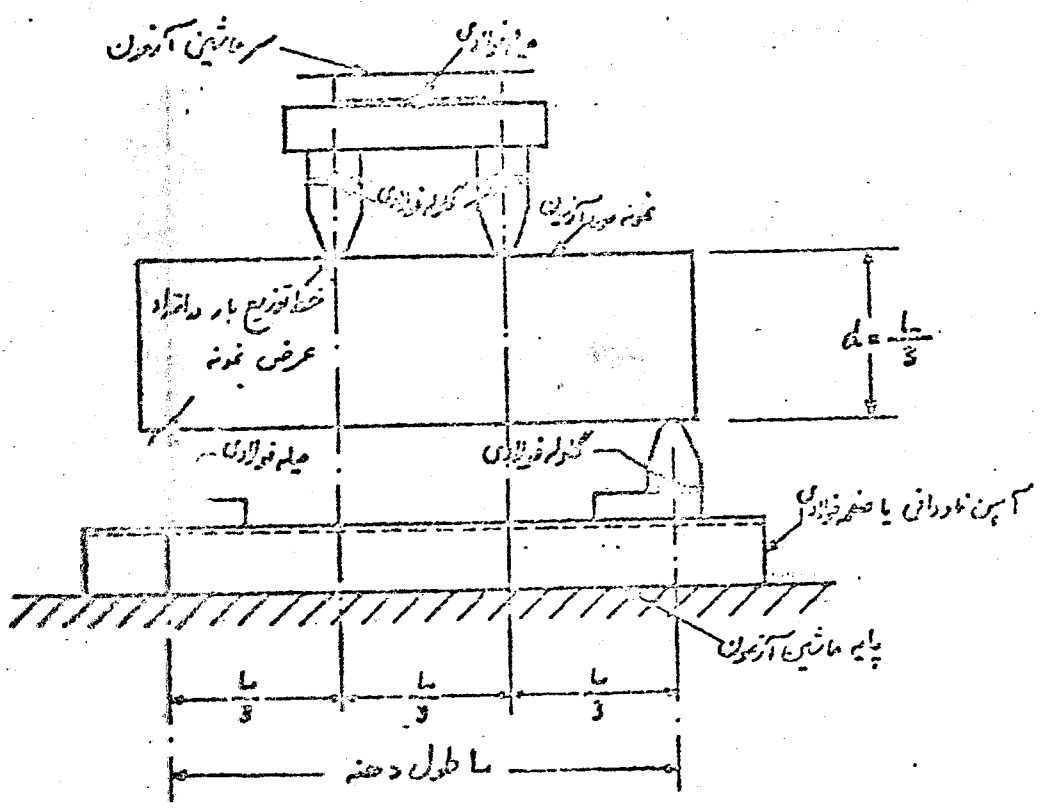
در این استاندارد آزمون تعیین مقاومت خمشی بتن با اعمال دویار متمرکز بر روی تیر ( با تکیه‌گاههای ساده ) تشریح می‌گردد .

روش قالب‌گیری ، ساختن و بعمل آوردن نمونه‌های بتن بر طبق استاندارد شماره ۴۷۴ ایران می‌باشد .

شکل شماره (۱) دیده شود

۲- شرح دستگاه

نحوه بارگذاری باید طوری باشد که بارها بطور قائم وارد شوند و منتجه شریک از آنها محور تیر را قطع نماید . (شکل ۱)



شکل ۱ - شکل هندسی دستگاه آزمون مقاومت خمشی بتون

در کارگاهها اگر وسائل آزمون استاندارد در دسترس نباشد میتوان با رعایت شرایط ذیل مقاومت خمشی بتن را بدست آورد .

- ۱-۲ فاصله بین تکیه گاهها و نقطه های بار برای یک دستگاه معین باید ثابت بماند .
- ۲-۳ منتهجه بارها بایستی بصورت قائم وارد شود و محور تیر را قطع نماید .
- ۳-۳ در تمام مدت آزمون باید امتداد عکس العمل ها موازی امتداد بارهای وارده باشد .
- ۴-۳ بار نباید تدریجی و با سرعت یکنواخت به تیر وارد گردد و از هر گونه ضربه ای احتراز شود .
- ۵-۳ فاصله بین نقطه تمرکز بار و نزدیکترین عکس العمل نباید از ارتفاع تیر کمتر باشد .
- ۶-۳ برای تأمین توازی امتداد عکس العمل ها و بارهای وارده و استقرار صحیح بارها باید مطابق شکل (۱) عمل کرد .

۳- نمونه

دشنه نمونه آزمون باید حداقل سه برابر ارتفاع تیر مورد استفاده باشد .

۴- روش کار

نمونه آزمون باید طوری زیر دستگاه قرار گیرد که سطح فوقانی آن ( که تماس با قالب نداشته است ) در یک پینو قرار گیرد و با نقاط بارگذاری تماس مستقیم نداشته باشد و چنانچه سطح نمونه که زیر تیغه های بارگذاری است ناصاف باشد باید قبل از آزمون آنرا صاف کرد تا تیغه ها در تمام سطح با بتن در تماس باشند . بار اولیه که می توان سریعاً وارد شود اکثراً تا ۵۰ درصد بار گسیختگی نمونه است و از آن به بعد سرعت از دیاد بار باید پنحوی تنظیم گردد که تنش تارهای انتهایی مقطع در هر دقیقه از ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بیشتر افزایش نیابد .

۵- سنجش ابعاد نمونه بعد از بارگذاری

اندازه گیری عرض متوسط و ارتفاع متوسط نمونه با تقریب میلی متر در مقطع گسیخته شده تیر بعمل می آید .

۶- محاسبات

- ۱- چنانچه ترك در فاصله بین دو نقطه بارگذاری بوجود آید .
- مقاومت خمشی نمونه از رابطه زیر بدست می آید .

$$R = \frac{P I}{6 h^2} \quad \text{که در آن :}$$

R مقاومت خمشی نمونه بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع .

P حداکثر بار است که بوسیله ماشین برای گسیخته شدن نمونه وارد می شود ( بر حسب

کیلوگرم )

L طول دهنه بر حسب سانتی متر

h عرض متوسط مقطع گسیخته شده نمونه بر حسب سانتی متر .

یادآوری ۱- : وزن تیر نباید در محاسبات فوق منظور گردد .  
 ۲-۶ : چنانچه ترك در خارج از فاصله بین دو یار باشد مشروط بر آنکه فاصله آن تا نقطه بارگذاری از ۰ درصد طول تیر تجاوز ننماید مقاومت خمشی نمونه از رابطه زیر بدست می آید :

$$R = \frac{3Pa}{bh^2}$$

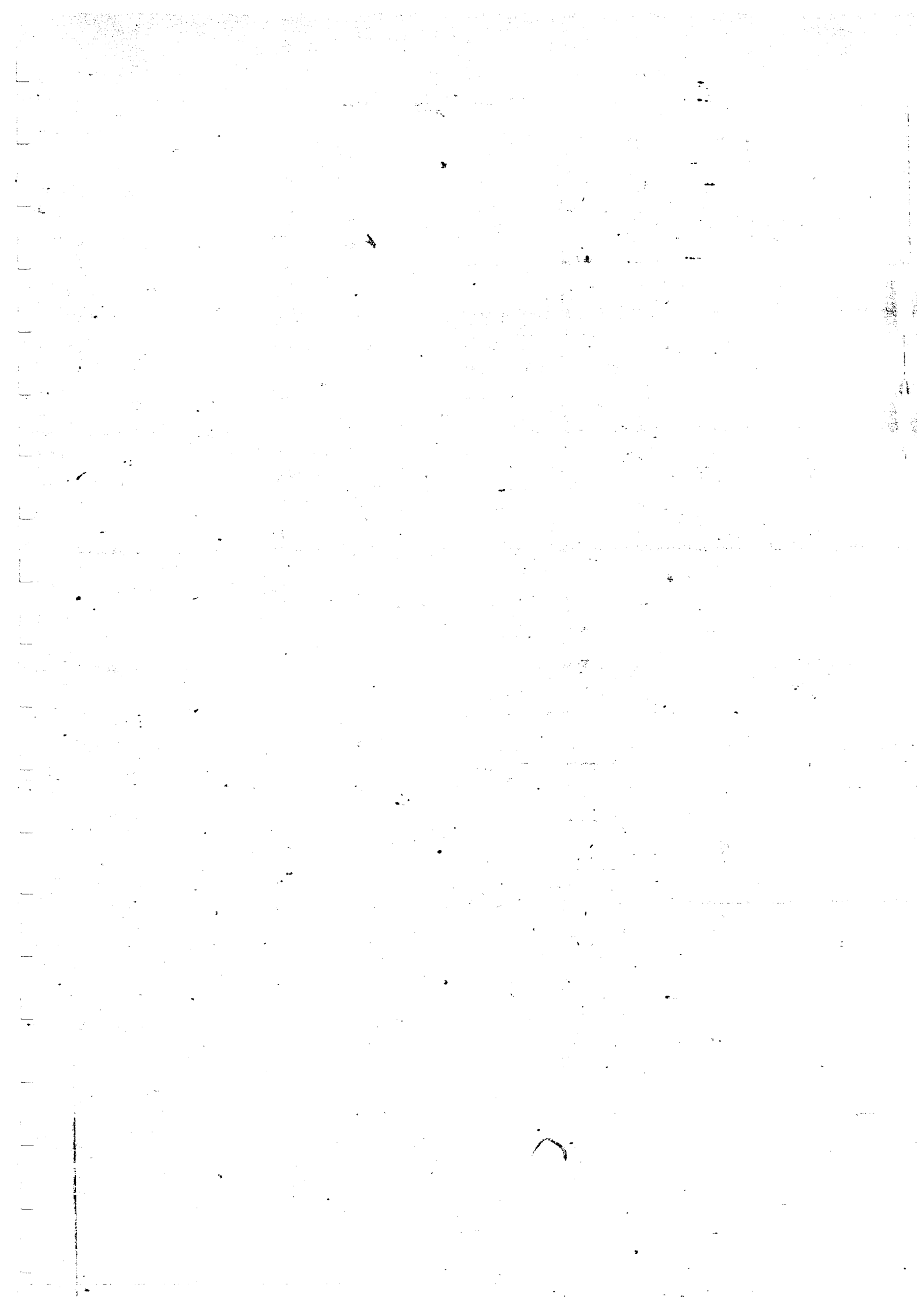
a = فاصله بین مقطع ترك خورده با نزدیکترین تکیه گاه بر حسب سانتیمتر است این فاصله در امتداد محور طولی سطح زیرین نمونه اندازه گیری میشود .  
 یادآوری ۲ : چنانچه ترك خارج از فاصله بین دو نقطه بارگذاری بوده و فاصله آن تا نقطه بارگذاری بیش از ۰ درصد طول تیر باشد آزمون باید تکرار گردد .  
 ۷- گزارش

گزارش باید شامل نکات زیر باشد .

- ۱- شماره نمونه
- ۲- عرض متوسط گسیخته شده نمونه با تقریب میلیمتر .
- ۳- ارتفاع متوسط مقطع گسیخته شده نمونه با تقریب میلیمتر .
- ۴- طول دهانه نمونه بر حسب سانتیمتر .
- ۶- مقاومت خمشی نمونه بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع که با تقریب یک کیلوگرم بر سانتیمتر مربع محاسبه شده است .
- ۷- معایب نمونه .
- ۸- سن نمونه .



۲۰۰۲





## آزمایش یخبندان

آزمایش یخبندان را میتوان روی نمونه‌هایی نظیر نمونه‌های خمشی انجام داد که چهار ساعت به چهار ساعت درجه حرارت آنها از  $-۲۰$  سانتیگراد به  $+۲۰$  سانتیگراد و بالعکس تغییر داده میشود و اینکار  $۳۰$  بار تکرار میگردد.

تعداد نمونه‌های لازم شش عدد میباشد که  $۳$  عدد آنها در حرارت  $۲۰$  درجه سانتیگراد بمدت  $۲۸$  روز نگهداری شده و سپس آزمایش خمشی میشوند. این نمونه‌ها را نمونه‌ها را شاهد میگویند.  $۳$  عدد دیگر در سن  $۲۳$  روز تحت آزمایش یخبندان قرار گرفته و در آخر روز سی و سوم پس از باز شدن یخ مورد آزمایش خمشی قرار میگیرند نظر باینکه نصف مدت ده روز را نمونه‌ها در حرارت  $-۲۰$  سانتیگراد بوده‌اند و در این مدت فعل و انفعال میمان و آب متوقف میشود نتایج حاصل از آزمایش آنها مستقیماً با نمونه‌های  $۲۸$  روزه قابل مقایسه بوده و نتایج دوسری نمونه نباید اختلاف قابل ملاحظه‌ای داشته باشند. بعلاوه سطح نمونه‌ها نباید در اثر یخبندان حالت اولیه خود را از دست بدهد. معمولاً از قطعات حاصل از آزمایش خمشی منشورها، نمونه‌های فشاری تهیه کرده و در صورت لزوم سطح آنها را اصلاح نموده و تحت آزمایش فشاری قرار میدهند مقایسه نتایج حاصل از نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تحت آزمایش یخبندان بسیار مفید خواهد بود.

آزمایش یخبندان را میتوان روی نمونه‌های سگمب شکل  $۱۵ \times ۱۵ \times ۱۵$  و یا استوانه‌هایی بقطر و ارتفاع  $۱۵$  سانتیمتر یا استوانه‌های بقطر  $۱۵$  و ارتفاع  $۳۰$  سانتیمتر بعمل آورد.

طرز آزمایش چنین است که نمونه‌ها را قبل از شروع آزمایش یخبندان مدت  $۷۲$  ساعت در آب نهاده و سپس هر یک از آنها را در ظرف جداگانه‌ای قرار داده و ظرف را پر از آب مینمایند. این ظرفها را بسته و در یخچال قرار میدهند.

درجه حرارت داخل یخچال ابتدا بعزت قرار دادن نمونه‌ها بالا رفته و سپس بتدریج تقریباً تا سه ساعت به حدود  $(-۲۰)$  درجه سانتیگراد تنزل مینماید. این درجه حرارت را بمدت  $۱۶$  ساعت روی نمونه‌ها ثابت نگهداشته و در رأس این مدت نمونه‌ها را از یخچال بیرون آورده و در آبی بدرجه حرارت تقریباً  $(+۲۰)$  درجه سانتیگراد قرار میدهند و این عمل را

معمولا ۵ تا ۱۰ مرتبه تکرار مینمایند. بطوریکه ملاحظه میشود هر دوره یخ زدن و یاز شدن یخ ۳ ساعت طول میکشد. پس از انجام این دوره‌ها به تعداد لازم سطح نمونه‌ها را تمیز نموده و بررسی کرده و آنها را وزن مینمایند. در این آزمایش نباید سطح نمونه‌ها تغییر شکل داده و وزن موادی که از آن بعلت یخبندان جدا شده است باید کاملا ناچیز باشد. روش کامل انجام این آزمایش در AASHTO 161 شرح داده شده است.

از دو روش آزمایش یخبندان نظر باینکه روش اول به نتایج قابل اسی تری منجر میگردد ترجیح داده میشود. اگر به علتی مجبور شوند دوره یخ زدن را برای مدتی تعطیل نمایند باید نمونه را در شرایط یخ زدگی حفظ نموده و در موقع مناسب آزمایش را از سر بگیرند. در مناطق خشک و گرم که معمولا خطر یخبندان وجود نداشته ولی احتمال ترو خشک شدن بتن موجود میباشد بجای آزمایش یخبندان آزمایش ترو خشک شدن متوالی و مکرر ممکن است بعمل آید.