



دانشگاه صنعتی سیرجان



دانشگاه صنعتی سیرجان

# روسازی راه

کارشناسی مهندسی عمران

دکتر علیرضا غنی زاده

استادیار دانشکده مهندسی عمران – دانشگاه صنعتی سیرجان

©A.R. Ghanizadeh



دانشگاه صنعتی سرجان

# نسبت خاک و لایه های روسازی

©A.R. Gharizadeh



# کلیات

## تعریف:

تثبیت خاک و مصالح شنی روشی است که در راهسازی به منظور بهبود کیفیت مصالح به کار می‌رود.

## اهداف تثبیت:

- اصلاح خاک‌های نرم و کم مقاومت
- بهبود مشخصات فنی خاک‌ها و مصالح شنی
- ایجاد لایه‌های اساس و زیراساس با قابلیت باربری بیشتر
- بازسازی روسازی‌های فرسوده با مصالح موجود
- کاهش گرد و غبار



## مواد تثبیت کننده

انواع مواد تثبیت کننده:

- آهک
- سیمان
- قیر
- کف قیر
- کف قیر + سیمان
- کلرور سدیم
- کلرور کلسیم

©A.R. Ghanizadeh



# تثیت با آهک

## انواع آهک جهت تثیت خاک

- آهک شکفته
- آهک زنده
- دوغاب آهک

## عوامل مؤثر بر میزان آهک جهت تثیت خاک:

- جنس، دانه بندی و حدود اتربرگ خاک
- نحوه استفاده از آهک
- شرایط جوی
- میزان استفاده از آهک حدود ۵/۰ الی ۸ درصد وزنی خاک است



# خاک‌های مناسب برای تثبیت با آهک

- خاک‌های با دامنه خمیری بیش از ۱۰
- خاک‌های رسی خیلی خمیری با دامنه خمیری بیش از ۳۵
- نا مناسب برای تثبیت خاک‌های با بیش از ۲ درصد مواد آلی یا نیم درصد سولفات محلول در آب
- با افزودن کچ به میزان ۲۰ درصد وزنی خاک به آهک می‌توان خاک‌های آلی را نیز تثبیت کرد.

بطور کلی خاکهائیکه در طبقه بندی یونیفاید در گروه‌های SM-SC , SC , SM , SW-SC , SP-SC , CH- , CL , MH , GW-GC , GP-GC , GM-GC و یا در طبقه بندی اشتو در گروه‌های A-۲ و A-۴ ، A-۵ ، A-۶ ، A-۷ قرار دارند قابلیت تثبیت شدن با آهک را دارا



## تثبیت با آهک

### طبقه‌بندی خاک‌ها از نظر واکنش با آهک

○ **خاک‌های با واکنش:** خاک‌هایی که پس از تثبیت با آهک و عمل‌آوری با سیمان به مدت ۲۸ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیش از  $3/5$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع افزایش مقاومت از خود نشان می‌دهند.

○ **خاک‌های بدون واکنش:** خاک‌هایی که پس از تثبیت با آهک و عمل‌آوری با سیمان به مدت ۲۸ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد کمتر از  $3/5$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع افزایش مقاومت از خود نشان می‌دهند.



## تثبیت با آهک

### طبقه‌بندی خاک‌ها از نظر واکنش با آهک

○ **خاک‌های با واکنش:** خاک‌هایی که پس از تثبیت با آهک و عمل‌آوری با سیمان به مدت ۲۸ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیش از  $3/5$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع افزایش مقاومت از خود نشان می‌دهند.

○ **خاک‌های بدون واکنش:** خاک‌هایی که پس از تثبیت با آهک و عمل‌آوری با سیمان به مدت ۲۸ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد کمتر از  $3/5$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع افزایش مقاومت از خود نشان می‌دهند.





# تثبیت با آهک

## خصوصیات فنی خاک تثبیت شده با آهک

○ **تراکم:** حداکثر وزن مخصوص خشک کمتر و درصد رطوبت بهینه بیشتر است.

○ **خصوصیات خمیری:** کاهش دامنه خمیری و حد مایع

○ **پتانسیل تورم پذیری:** کاهش پتانسیل تورم پذیری

○ **مقاومت:** به دو دسته مقاومت آنی و مقاومت دراز مدت قابل تقسیم است.

○ **تنش و تغییر شکل نسبی:** تنش کسیختگی افزایش و تغییر شکل نهایی کاهش می یابد

○ **خستگی:** به دلیل جسبنده بودن این مصالح در آنها مکانیزم خرابی خستگی دیده می شود.

○ **دوام:** خاک های تثبیت شده با آهک با قرار گیری در معرض یخبندان و ذوب بخشی از

مقاومت خود را از دست می دهند.



# تثبيت با آهک

روش های طرح تثبيت خاک با آهک

- روش PH
- روش دامنه خميري
- روش CBR
- روش اشتو
- روش مقاومت فشاری
- روش اصولی طرح تثبيت خاک



# تثبیت با آهک

روش های طرح تثبیت خاک با آهک

○ روش PH

○ روش دامنه خمیری

○ روش CBR

○ روش اشتو

○ روش مقاومت فشاری

○ روش اصولی طرح تثبیت خاک



# تثبیت با آهک

## روش حدود خمیری

در این روش خاک با آهک و آب خوب مخلوط می‌شود بطوریکه مخلوط، رنگ یکنواختی پیدا کند. سپس حد روانی و دامنه خمیری مخلوط تعیین می‌شود. این آزمایش با درصدهای مختلف آهک تکرار می‌گردد. سپس منحنی تغییرات حد روانی و دامنه خمیری بر حسب درصدهای مختلف آهک مصرفی رسم شده و درصد آهک بهینه از روی منحنی‌های مذکور نسبت به وزن مصالح خشک برای دامنه خمیری یا حد روانی موردنظر به دست می‌آید.

## روش CBR

در این روش ابتدا خاک را با آهک خوب مخلوط کرده، طوری که رنگ آن یکنواخت شود. سپس به مقدار مناسب آب اضافه نموده و خوب مخلوط می‌کنند. مخلوط حاصل را تحت آزمایش سی بی آر قرار می‌دهند. این عمل با درصدهای مختلف آهک تکرار شده و منحنی تغییر سی بی آر را برحسب درصد آهک ترسیم می‌کنند.

از روی منحنی بدست آمده درصد آهک مربوط به سی بی آر موردنظر تعیین می‌شود. حداقل سی بی آر قابل قبول برای زیراساس آهکی ۳۰ درصد می‌باشد.



# تثبیت با آهک

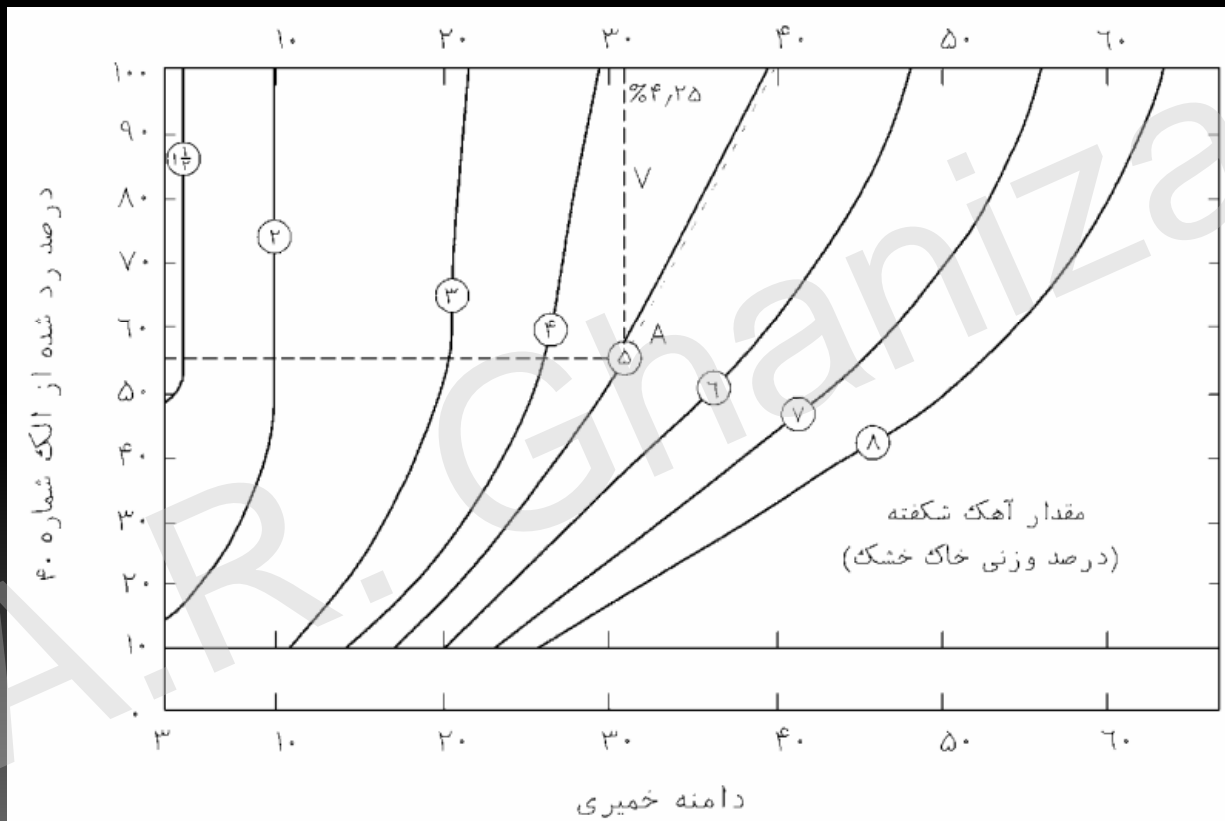
## روش فشاری

در این روش خاک را با درصد‌های مختلف آهک خوب مخلوط می‌کنند. سپس به مقدار مناسب آب اضافه نموده و براساس آزمایش آستو اصلاح شده  $T-180$  آستو، مخلوط را کوبیده و متراکم می‌کنند. نمونه‌های کوبیده شده با درصد‌های مختلف آهک را تحت آزمایش فشاری تک محوری قرار می‌دهند. پس از به دست آوردن نتایج آزمایش، منحنی تغییرات مقاومت فشاری برحسب تغییرات درصد آهک ترسیم می‌گردد. از منحنی حاصل میزان درصد آهک برای مقاومت موردنظر به دست می‌آید. مقاومت فشاری برای قشر زیراساس تثبیت شده با آهک به کل ضخامت لایه‌های روسازی روی قشر زیراساس بستگی دارد که باید در مشخصات فنی خصوصی طرح قید شود.



# تثیت با آهک

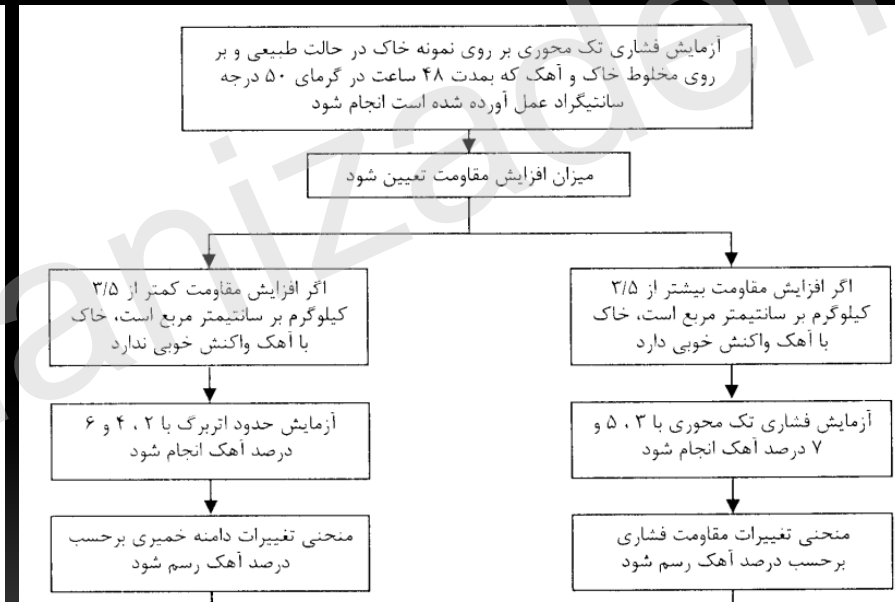
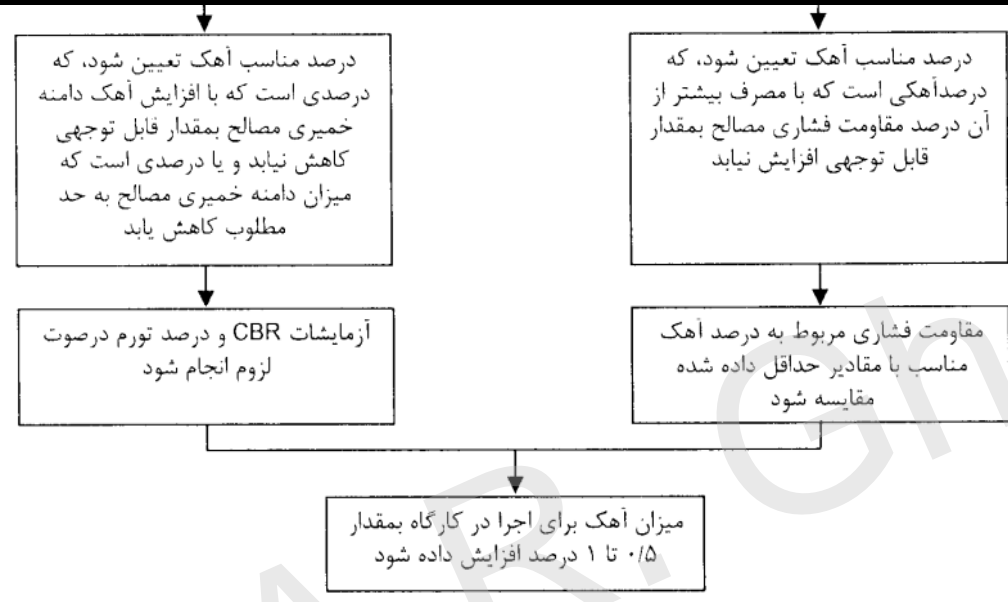
روش اشتو





# تثیت با آهک

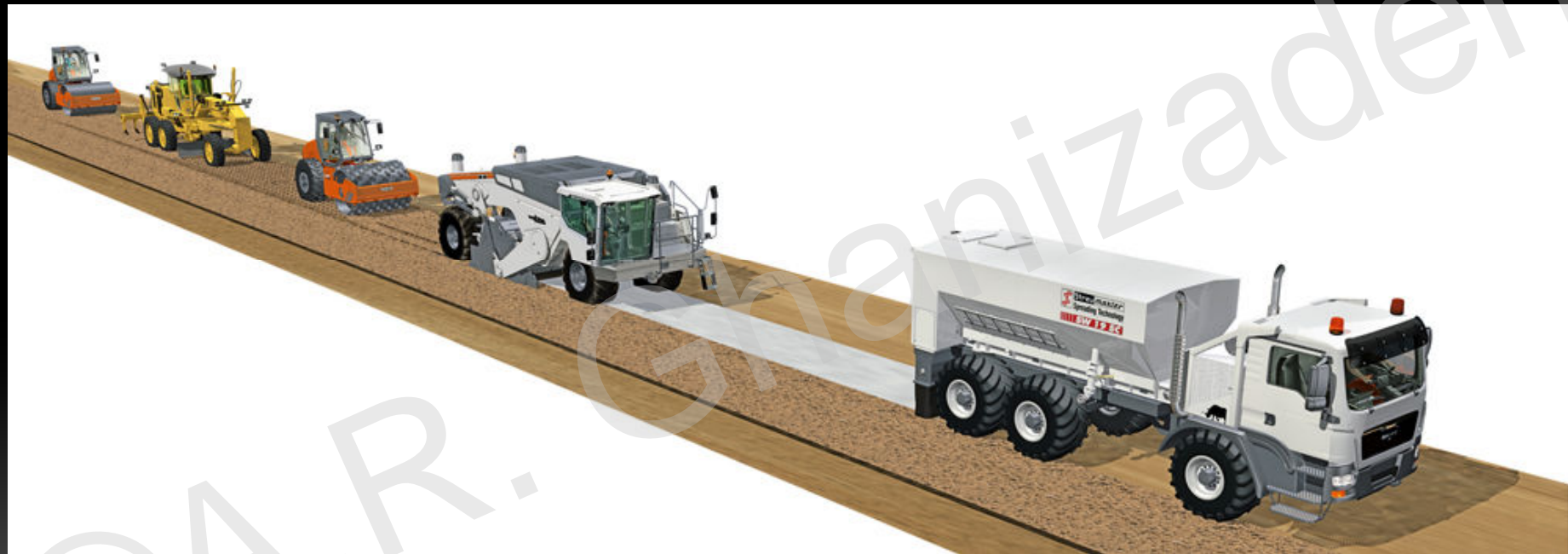
## روش اصولی طرح تثیت





# تثبيت با آهک

## روش اصولی طرح تثبيت

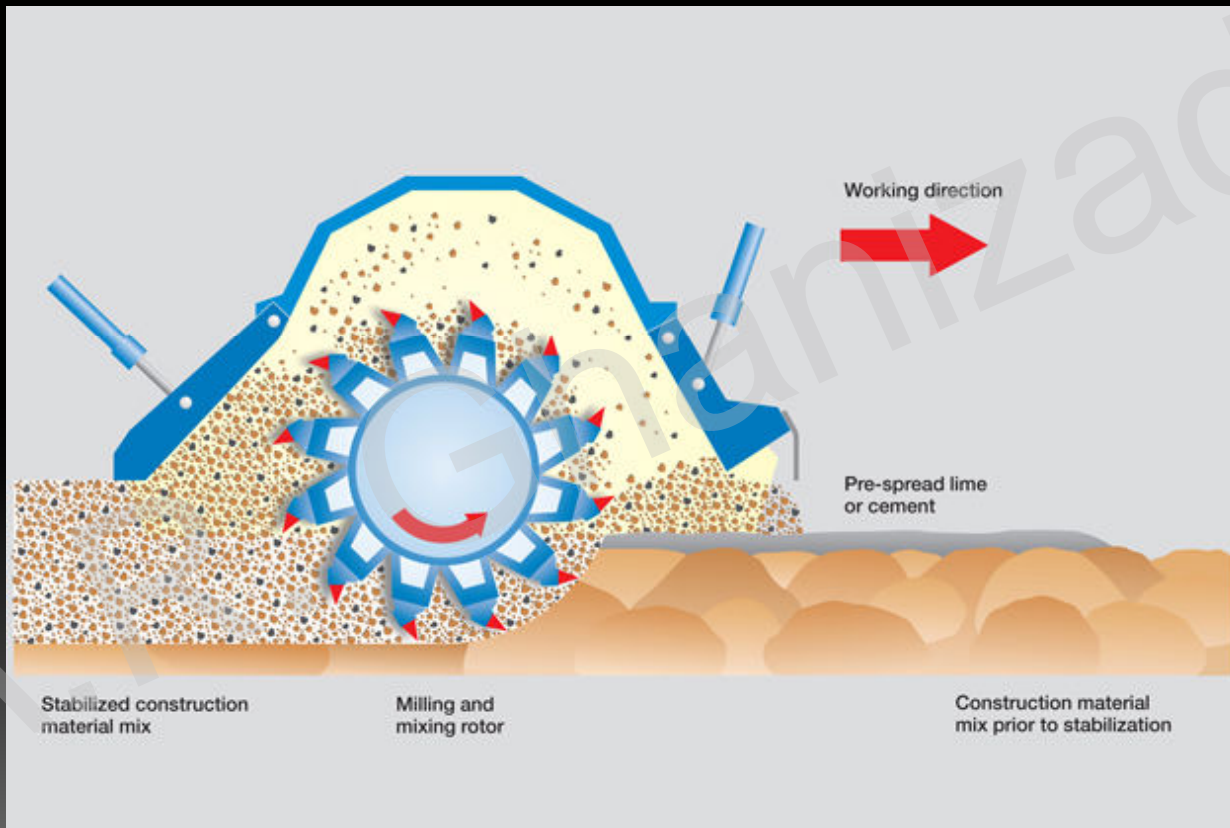






# تثیت با آهک

## روش اصولی طرح تثیت





## تثبیت با سیمان

### خاک‌های مناسب برای تثبیت با سیمان

- خاک‌های با دامنه خمیری کمتر از ۳۰
- نامناسب برای خاک‌های با بیش از ۲ درصد مواد آلی یا PH کمتر از ۵/۳
- مناسبترین ماده برای تثبیت شن و ماسه خوب دانه‌بندی شده
- با افزودن کچ به میزان ۲۰ درصد وزنی خاک به آهک می‌توان خاک‌های آلی را نیز تثبیت کرد.



## تثبیت با سیمان

# خاک‌های مناسب برای تثبیت با سیمان

از نقطه نظر فنی و اقتصادی خاکهائی که اندازه درشت‌ترین دانه آنها کوچکتر از ۵۰ میلیمتر است و حداقل ۵۵ درصد وزنی آنها از الک شماره ۴ و حداقل ۳۵ درصد وزنی آنها از الک شماره ۱۰ عبور می‌کند و دارای ۱۰ تا ۳۵ درصد اجزاء کوچکتر از  $0.075$  میلیمتر هستند بهترین گزینه برای تثبیت با سیمان محسوب می‌شوند. خاکهائی که در طبقه‌بندی اش تو در گروه‌های  $1-8$  تا  $7-8$  قرار می‌گیرند قابلیت تثبیت شدن با سیمان را دارند. خاکه‌های  $1-8$ ،  $2-8$  و  $3-8$  که کمتر از ۳۵ درصد وزنی آنها از الک شماره ۲۰۰ عبور می‌کند مناسبترین خاکها برای تثبیت با سیمان محسوب می‌شوند. در حالیکه خاکه‌های آلی به هیچ وجه برای تثبیت با سیمان مناسب نیستند زیرا وجود این مواد در خاک (بر حسب نوع و درصد آنها) باعث کند شدن فرایند هیدراسیون سیمان و در نتیجه مانع سخت شدن مخلوط خاک و سیمان می‌شود.



# تثبیت با سیمان

## درصد مناسب سیمان

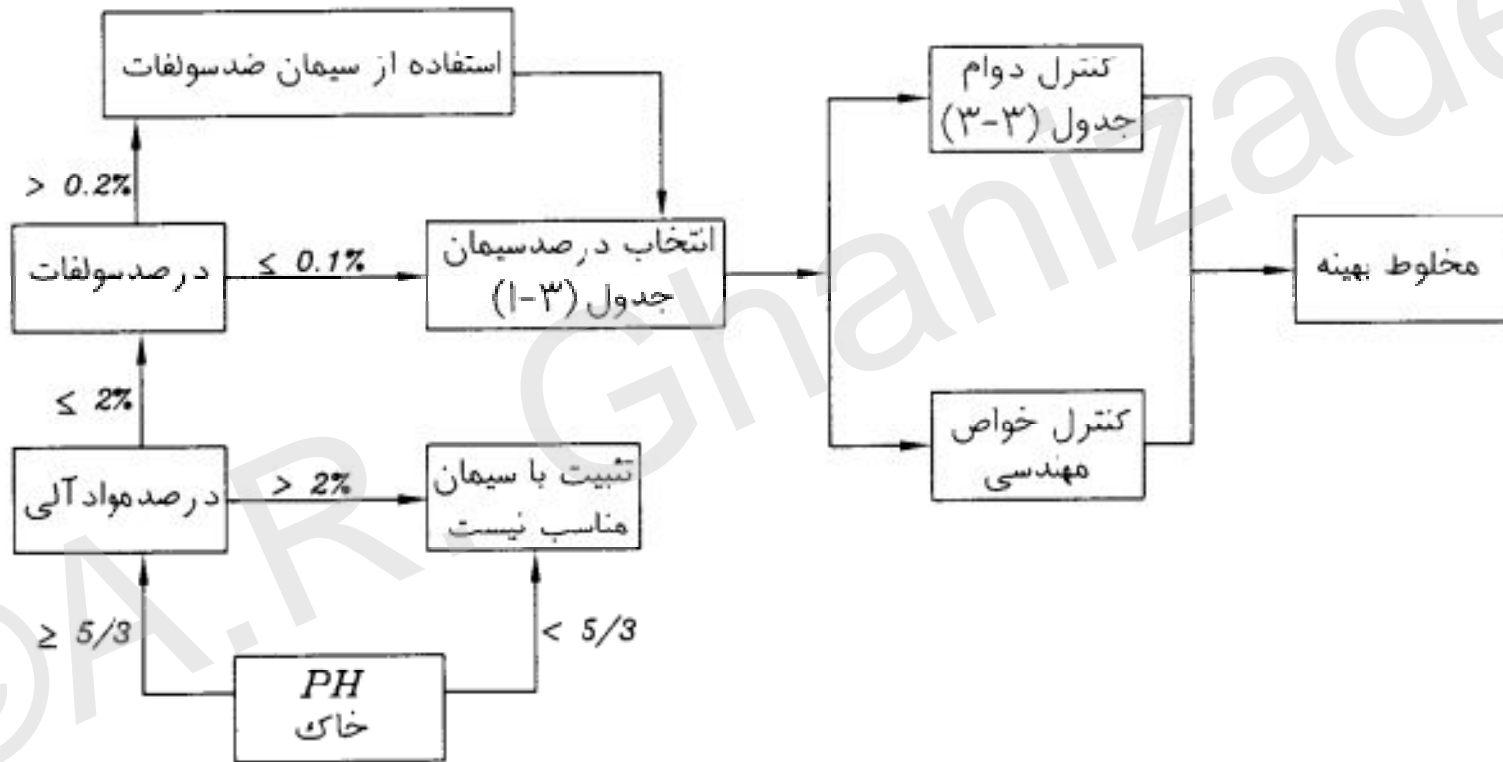
مقدار سیمان برای زمایشهای تر و خشک شدن و یخبندان - ذوب (درصدوزنی)	تخمین مقدارسیمان برای آزمایش وزن مخصوص -درصد رطوبت(درصد وزنی)	حدود معمول سیمان مورد نیاز		رده خاک	
		درصد وزنی	درصد حجمی	یونیفاید	استو
۳-۵-۷	۵	۳-۵	۵-۷	GW, GP, GM, SW SP, SM	A-۱-a
۴-۶-۸	۶	۵-۸	۷-۹	GM, GP, SM, SP	A-۱-b
۵-۷-۹	۷	۵-۹	۷-۱۰	GM, GC, SM, SC	A-۲
۷-۹-۱۱	۹	۷-۱۱	۸-۱۲	SP	A-۳
۸-۱۰-۱۲	۱۰	۷-۱۲	۸-۱۲	CM, ML	A-۴
۸-۱۰-۱۲	۱۰	۸-۱۳	۸-۱۲	ML, MH, CH	A-۵
۱۰-۱۲-۱۴	۱۲	۹-۱۵	۱۰-۱۴	CL, CH	A-۶
۱۱-۱۳-۱۵	۱۳	۱۰-۱۶	۱۰-۱۴	OH, MH, CH	A-۷





# تثبیت با سیمان

## درصد مناسب سیمان





# تثبیت با سیمان

دوام مورد نیاز

حداکثر درصد افت وزن مجاز	طبقه بندی خاک (آستو M145)
۱۴	A-1 , A-3 , A-2-4 , A-2-5
۱۰	A-2-6 , A-2-7 , A-4 , A-5
۷	A-6 , A-7

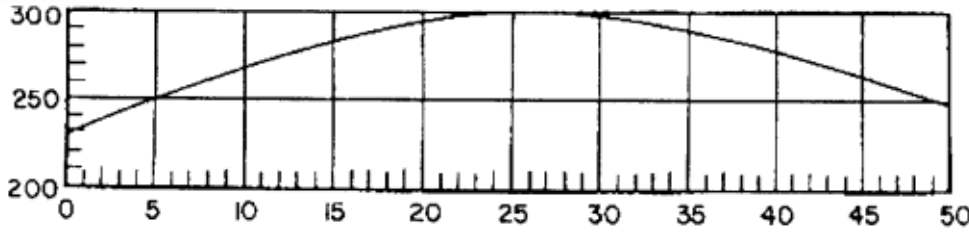
©A.R.



# تثیت با سیمان

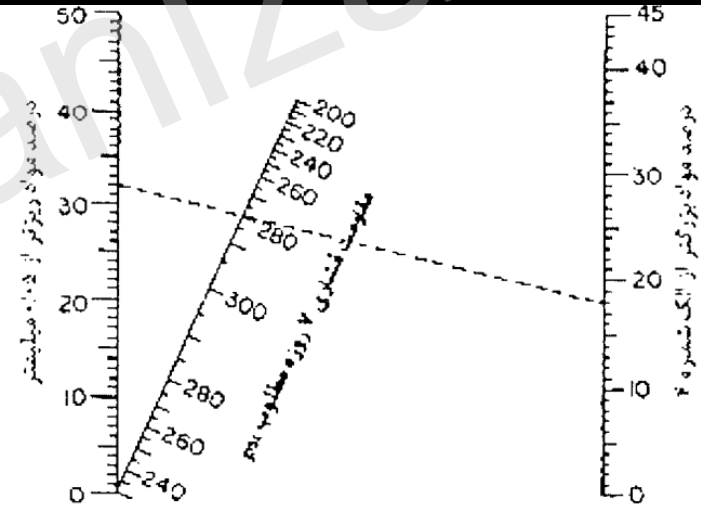
## مقاومت فشاری مورد نیاز

مقاومت فشاری ۷ روزه



درصد مواد ریزتر از ۰/۰۵ میلیمتر

شکل (۲-۳): حداقل مقاومت فشاری قابل قبول خاکهای تثبیت شده با سیمان که اندازه درشت ترین دانه آنها کوچکتر از ۴/۷۶ میلیمتر است



شکل (۳-۳): حداقل مقاومت فشاری قابل قبول خاکهای تثبیت شده با سیمان که اندازه



# تثبیت با سیمان

## مراحل تثبیت خاک با سیمان

- آماده کردن خاک
- پخش سیمان
- مخلوط کردن خاک و سیمان
- آبپاشی
- تراکم
- عمل آوری
- کنترل کیفیت مخلوط





# تثبیت با قیر

## خاک‌های مناسب برای تثبیت با قیر

Material Type	Maximum Values for Adequate Stabilization	Bitumen Types and Grades	Approximate Amount of Bitumen (%)
Fine-grained soils	Max LL = 40% Max PI = 18%	MC & SC Emulsions RT 3-6	4-8
Sands	Max pass No. 200 sieve = 25% Max PI = 12%	AC Pen 85-100 & 120-150 RC 1-3 Emulsions RT 6-10	4-10
Gravel and sand gravel	Max pass No. 200 sieve = 15% Max PI = 12%	RC 1-3 RT 4, 5 AC	2-6

- درصد مصالح مانده روی الک نمره ۴ کمتر از ۲۵ درصد باشد
- ارزش ماسه ای کمتر از ۲۵ درصد
- حاصلضرب دامنه خمیری خاک در درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰ از ۶۰ درصد



دانشگاه صنعتی سیرجان



©A.R. Ghobadizadeh