

## فصل سوم

طبقه بندی و شناسایی انواع خاک

Nikoooy@Guilan.ac.ir

@bsgroup

۰۰ ۰۰۰ ۰۰  
۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰

خاکها از ۶ گروه اصلی تشکیل یافته اند . شن، ماسه، سیلت (لای) ، رس ، مواد آلی و خاک برگ. برای طبقه بندی خاکها از روش های مختلفی استفاده می گردد که طبقه بندی به روش USCS یکی از این روشها است. در این سیستم برای نشان دادن انواع مختلف خاک از علاماتی استفاده می گردد که هر کدام شامل دو حرف الفبای لاتین می باشد . جدول زیر راهنمای مناسبی برای طبقه بندی خاکها می باشد.

جدول ۱-۳. راهنمای نامگذاری خاکها

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| W خوب دانه بندی شده  | شن=Gravel        |
| P بد دانه بندی شده   | ماسه=Sand        |
| M ریز دانه غیر خمیری | لای=Silt         |
| C ریز دانه خمیری     | رس=Clay          |
| L خاصیت خمیری کم     | مواد آلی=Organic |
| H خاصیت خمیری زیاد   | خاک برگ=Pit      |

بر همین اساس خاکها را به دو دسته دانه درشت و دانه ریز تقسیم بندی می کنند. خاک های دانه درشت شامل شن و ماسه می باشند

شن (G-Gravel). خاکی که از الک ۳ اینچی میگذرد ولی از الک نمره ۴ عبور نمی کند

ماسه (S-Sand). خاکی که از الک نمره ۴ می گذرد ولی از الک نمره ۲۰۰ عبور نمی کند

بنابراین اگر میزان ۵۰٪ یا بیشتر از خاکی روی الک نمره ۴ باقی بماند (پس از رد شدن از الک ۳ اینچی )

حرف G به خاک اطلاق می شود و در غیر این صورت حرف S به آن تعلق می گیرد . علامت مشخصه هر

خاک از ۲ حرف تشکیل یافته است . حرف اول سمبل طبقه بندی خاک است و حرف دوم بوسیله درصد و نوع

مواد عبور یافته از الک نمره ۲۰۰ معین می گردد . اگر کمتر از ۵٪ کل نمونه از الک نمره ۲۰۰ رد شود خاک به

۲ نوع خوب دانه بندی شده (W-well graded) و بد دانه بندی شده (P-Poorly graded) تقسیم می

گردد. یک نمونه خاک بد دانه بندی شده به خاکی اطلاق می شود که اندازه ذرات ریز و درشت آن بهم نزدیک

باشد یا در بعضی از اندازه ها ذرات خاک وجود نداشته باشد .

اگر ذرات ریز خاک (گذشته از الک نمره ۴۰) حالت خمیری نشان دهند آنها را رس طبقه بندی می کنند

C- clay like و در غیر این صورت آنها را لای طبقه بندی میکنند Silt like- M بنابراین اینگونه خاکها به صورت SC,GM,GC یا SM علامت گذاری می شوند. خاکهایی که بیش از ۵۰٪شان از الک نمره ۲۰۰ عبور می کند از روی حالت خمیر و قابلیت تراکم طبقه بندی می شوند و به دو صورت رس © یا لای (M) تعیین می کند. اگر از طریق رنگ ، بو و یا نقصان زیاد در حدود مایع و خمیری پس از خشک کردن نمونه مشخص شد که نمونه شامل مواد آلی می باشد خاک به صورت آلی (O-organic) طبقه بندی خواهد شد. علام طبقه بندی برای این نوع خاکها بصورت CL، ML یا OL خواهد بود. اگر حد مایع ۵۰٪ یا بیشتر باشد خاک دارای قابلیت تراکم زیاد خواهد بود و حرف دوم خاک H خواهد بود. و این نوع خاکها دارای سمبل OH یا MH، CH خواهند بود. خاکهایی که محتوی درصد نسبتا زیادی از مواد آلی (نظیر گیاهان نیمه تغییر شکل یافته) می باشند با سمبل Pt مشخص می شوند. اینگونه خاکها معمولا از روی رنگ (قهوه ای تیره تا سیاه) بو ، شکل اسفنجی یا بافت لایه ای شان قابل تشخیص اند.

### ۳-۱- روش های تشخیص خاک در عرصه جنگل .

با استفاده از جدول ۱-۲ و روش های زیر می توان نوع خاک را در جنگل مشخص نمود. در صحرای مشخص نمود. تمام نمونه های بزرگتر از ۳ اینچ را باید جدا نمود. اگر بیش از ۵۰٪ ز وزن نمونه از الک نمره ۲۰۰ (فاصله سیمها ۰/۷۴ میلی متر) عبور نکرد خاک را درشت دانه طبقه بندی می کنیم بعد از این ، آزمایش را با الک نمره ۴ (فاصله سیمها ۴/۸ میلی متر) انجام می دهیم اگر ۵۰٪ یا بیشتر از آن از الک عبور نکند نمونه شن و در صورت عبور، نمونه ماسه است. برای طبقه بندی خاکهای ریز دانه فقط قسمتی از نمونه که از الک نمره ۴۰ (فاصله سیمها تقریبا ۰/۴۲۵ میلی متر) عبور کرده استفاده می گردد برای اینکار از سه آزمایش استفاده می گردد.

### ۳-۱-۱ - مقاومت خشک . Dray strength

یک نمونه خاک مورد آزمایش را به قطر تقریبی ۱/۵ اینچ با افزودن آب بصورت یکنواخت بتونه ای در می آورند و صبر می کنند تا نمونه کاملا خشک شود. نمونه را به کمک انگشت شست و سایر انگشتان در دست می شکنند و آزمایش کننده سعی می کند با استفاده از مالش شست و انگشت اشاره یک دست نمونه را به صورت پودر

دراورد. نمونه های خاکهای بسیار خمیری در این آزمایش شکسته و پودر نمی شوند از آنجایی که نمونه خاکهای غیر خمیری دارای مقاومت خشک خیلی کمی هستند براحتی پودر می شوند.

### ۳-۱-۲-تکان دادن Shaking

یک نمونه خاک را به صورت گلوله ای به قطر تقریبی  $4/3$  اینچ در می آورند و آنقدر آب می افزایند که نمونه در هنگام کروی شدن به انگشتان دست نچسبد. نمونه را در کف دست قرار داده و با قوت تکان می دهند. عکس العمل این آزمایش با سرعتی که آب نمونه به سطح کره می رسد اندازه گیری می شود

آبی که به سطح کره رسیده یک سطح شفاف روی کره ایجاد می کند یک عکس العمل سریع نشان دهنده این است که خاک از نوع لای غیر خمیری است. حتی مقدار کمی رس در داخل نمونه باعث تاخیر پدیده ظاهر شدن آب در سطح کره می گردد

### ۳-۱-۳-آزمایش سختی Roll test

یک نمونه کروی از خاک تهیه کرده و بر روی یک سطح که جاذب رطوبت نیست می غلتانند تا بشکل یک لوله ۳ میلی متری در اید لوله را تا می کنند و آزمایش غلتاندن را دوباره تکرار می کنند تا آنجا که لوله ترک بردارد این حد خمیری خاک است.

هر چه لوله نمونه در نزدیکی حد خمیری سخت تر باشد میزان رس خاک بیشتر است. یک خاک بسیار خمیری را می توان دوباره بصورت خمیری در آورد و کره بدون ترک خوردن و خرد شدن تغییر شکل می دهد. نمونه خاک با حالت خمیری کم را نمی توان بدون شکستن به حالت کروی سابق در آورد.

جدول ۲-۳. راهنمای شناسایی خاک

| سمبل                                                 | نام                                                                                                                                                         | روش تشخیص در کارگاه                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| خاکهای درشت دانه<br>(کمتر از ۵۰٪ از الک ۲۰۰ می‌گذرد) | شن : کمتر از ۵۰٪ - ماسه : بیش از ۵۰٪<br>طیف وسیعی از دانه‌های با اندازه مختلف دارای تمام اندازه‌های دانه‌ها (کمتر از ۵٪ ریزدانه، مواد ریزدانه غیر پلاستیکی) | فهرستی از دانه‌های درشت بقطر کوچکتر از ۱/۴ اینچ                                                                                        |
| GW<br>SW                                             | شن خوب دانه‌بندی شده<br>ماسه خوب دانه‌بندی شده                                                                                                              |                                                                                                                                        |
| GP<br>SP                                             | شن بد دانه‌بندی شده<br>ماسه بد دانه‌بندی شده                                                                                                                | دارای یک اندازه دانه مشخص و یا مخلوطی از اندازه‌ها وقتی که بعضی اندازه‌ها موجود نباشند (کمتر از ۵٪ ریزدانه، مواد ریزدانه غیر پلاستیکی) |
| GM<br>SM                                             | شن سیلتی<br>ماسه سیلتی                                                                                                                                      | مواد ریزدانه با پلاستیسیته اندک (ML را ببینید)                                                                                         |
| GC<br>SC                                             | شن رسی<br>ماسه رسی                                                                                                                                          | مواد ریزدانه پلاستیک (CL و CH را ببینید)                                                                                               |
| خاکهای ریزدانه<br>(۵۰٪ یا بیشتر از الک ۲۰۰ می‌گذرد)  |                                                                                                                                                             | آزمایش بر روی نمونه کوچکتر از نمره ۴۰ (۱/۴ اینچ) مقاومت خشک تکان دادن سختی                                                             |
| ML                                                   | سیلت با پلاستیسیته کم                                                                                                                                       | کم                                                                                                                                     |
| CL                                                   | رس با پلاستیسیته کم                                                                                                                                         | متوسط                                                                                                                                  |
| OL                                                   | مواد آلی با پلاستیسیته کم                                                                                                                                   | کم تا متوسط                                                                                                                            |
| MH                                                   | سیلت با پلاستیسیته زیاد                                                                                                                                     | کم تا متوسط                                                                                                                            |
| CH                                                   | رس با پلاستیسیته زیاد                                                                                                                                       | زیاد                                                                                                                                   |
| OH                                                   | مواد آلی با پلاستیسیته زیاد                                                                                                                                 | متوسط تا زیاد                                                                                                                          |
| PT                                                   | پیت یا آلی                                                                                                                                                  | رنگ، بو، احساس اسفنجی، بافت لایه‌ای                                                                                                    |

جدول ۳-۳. مشخصات خاکها و مناسب بودن آنها برای فعالیت های ساختمانی راه

| سمبل | خواص زهکشی    | قابلیت کارکرد بعنوان ماده ساختمانی | مناسب بودن بعنوان زیراساس بدون اثریخ بستگی | مناسب بودن بعنوان زیراساس با اثریخ بستگی | مناسب بودن جهت رویه |
|------|---------------|------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
| GW   | عالی          | عالی                               | عالی                                       | عالی                                     | خوب                 |
| GP   | عالی          | خوب                                | خوب تا عالی                                | خوب                                      | ضعیف                |
| GM   | متوسط تا ضعیف | خوب                                | خوب تا عالی                                | متوسط تا خوب                             | متوسط               |
| GC   | ضعیف          | خوب                                | خوب                                        | متوسط                                    | عالی                |
| SW   | عالی          | عالی                               | خوب                                        | متوسط تا خوب                             | خوب                 |
| SP   | عالی          | متوسط                              | متوسط تا خوب                               | متوسط                                    | ضعیف                |
| SM   | ضعیف تا متوسط | متوسط                              | متوسط تا خوب                               | ضعیف تا خوب                              | متوسط               |
| SC   | ضعیف          | خوب                                | ضعیف تا متوسط                              | ضعیف                                     | عالی                |
| ML   | ضعیف تا متوسط | متوسط                              | ضعیف تا متوسط                              | نامناسب                                  | ضعیف                |
| CL   | خیلی ضعیف     | متوسط تا خوب                       | ضعیف تا متوسط                              | نامناسب                                  | متوسط               |
| OL   | ضعیف          | متوسط                              | ضعیف                                       | نامناسب                                  | ضعیف                |
| MH   | ضعیف تا متوسط | ضعیف                               | ضعیف                                       | نامناسب                                  | ضعیف                |
| CH   | خیلی ضعیف     | ضعیف                               | ضعیف تا متوسط                              | نامناسب                                  | ضعیف                |
| OH   | خیلی ضعیف     | ضعیف                               | ضعیف تا خیلی ضعیف                          | نامناسب                                  | ضعیف                |
| PT   | ضعیف تا متوسط | نامناسب                            | نامناسب                                    | نامناسب                                  | نامناسب             |

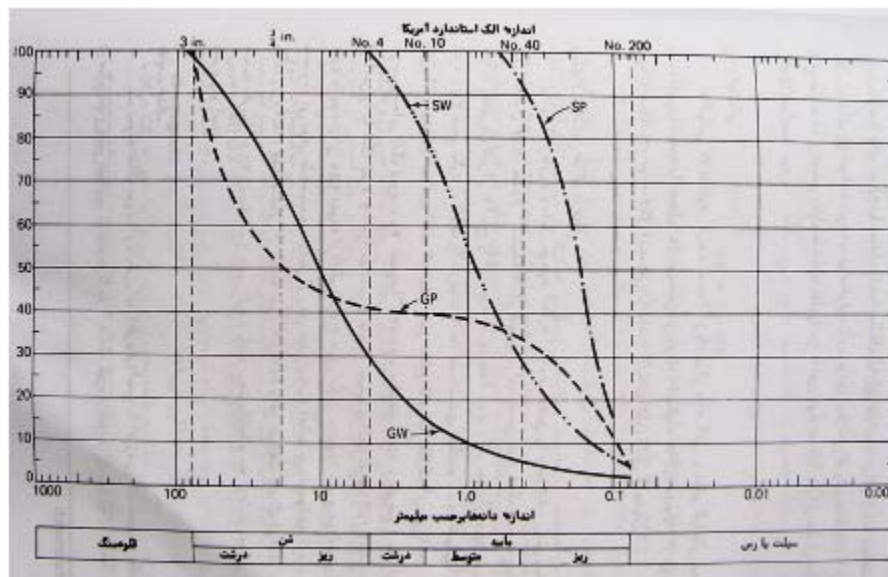
## ۳-۲-دانه بندی

منظور از دانه بندی یک خاک تعیین درصد وزنی دانه های با حدود و اندازه های مختلفی است که خاک مورد نظر را تشکیل می دهند. خاکهایی که بخش اعظم ذراتشان را دانه هایی به اندازه شن و ماسه تشکیل می دهند. درشت دانه می گویند. خاکهای ریز دانه به آن دسته از خاکها گفته می شود که قسمت اعظم اجزاء تشکیل دهنده آن ذراتی به اندازه ذرات رس و لای باشند. خاکهای درشت دانه با روش الک کردن معین می شود. خاک را از تعدادی الک معیار بندی شده که چشمه های آن ها به ترتیب کوچکتر می شود عبور می دهند. خاک مانده بر روی هر الک توزین می شود و سپس درصد وزنی خاک رد شده از الک محاسبه می گردد. اگر خاک حاوی ریز دانه باشد باشد نمونه خاک به وسیله شستشو از الک می گذرد. ممکن است در این حالت قبل از الک کردن زیر آب ، ماده جدا کننده به نمونه خاک افزوده شود.

جدول ۴-۳. اندازه دانه های خاک به میلی متر

| رس | لای   |       |      | ماسه |       |      | شن  |       |      | سنگریزه | قلوه سنگ |
|----|-------|-------|------|------|-------|------|-----|-------|------|---------|----------|
|    | ریز   | متوسط | درشت | ریز  | متوسط | درشت | ریز | متوسط | درشت |         |          |
|    | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۲ | ۰/۰۶ | ۰/۲   | ۰/۶  | ۲   | ۶     | ۲۰   | ۶۰      | ۲۰۰      |
|    | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۱  | ۰/۱  |      |       | ۱    |     | ۱۰    |      | ۱۰۰     |          |

دانه بندی خاکهای درشت دانه با روش الک کردن معین می شود. خاک را از تعدادی الک معیار بندی شده که چشمه های آن ها به ترتیب کوچکتر می شود عبور می دهند. خاک مانده بر روی هر الک توزین می شود و سپس درصد وزنی خاک رد شده از الک محاسبه می گردد. اگر خاک حاوی ریز دانه باشد باشد نمونه خاک به وسیله شستشو از الک می گذرد. ممکن است در این حالت قبل از الک کردن زیر آب ، ماده جدا کننده به نمونه خاک افزوده شود (مانند آب اکسیژنه).



شکل ۱-۳. منحنی دانه بندی چند نوع خاک دانه درشت

### ۳-۳- خواص خاکهای ریزدانه

خاصیت خمیری یکی از مشخصات مهم خاکهای ریزدانه است. بنابر میزان رطوبت خاک ممکن است حالات مایع، خمیری و جامد از خود نشان دهد. هر خاکی یک مقدار آب دارد و کاملاً خشک نیست که به آن آب اپتیمال می گویند. حداکثر تراکم خاک در آب اپتیمال بدست می آید. مقدار آب در خاک تأثیر زیادی در رفتار مکانیکی خاک دارد و خاکها در همه میزان رطوبت یک نوع تراکم پذیری و ترافیک پذیری ندارند. در خاکهای درشت دانه تأثیر متقابل آب و دانه های خاک وجود ندارد در حالیکه در خاکهای ریز دانه (با درصد رس بالا و چسبنده) تأثیر متقابل آب و ذرات خاک زیاد است. خاکهای ریزدانه وقتی خشک هستند آب کمی دارند و سفت و سخت هستند. هر چه رطوبت به این خاکها اضافه شود به تدریج تغییر حالت داده و از حالت سختی به حالت خمیری و بعد به حالت روانی در می آیند. و بر همین اساس مقاومت آنها کاسته می شود. بنابراین میزان رطوبت خاک ممکن است حالت مایع، خمیری، نیمه جامد و جامد به خود بگیرد. درصد آبی که خاک را از حالت سخت به نیمه سخت تبدیل می کند حد انقباض *shrinkage limit*، درصد آبی که خاک را از حالت نیمه سخت به خمیری تبدیل می کند آب حد خمیری *plastic limit* و درصد آبی که خاک را از حالت خمیری به روانی

تبدیل می کند حدروانی liquid limit می گویند مقدار رطوبتی که خاک را از یک حالت به حالتی دیگر می برد بستگی به نوع و جنس خاک دارد. بیشتر خاکهای ریزدانه در شرایط طبیعی حالت خمیری دارند. حدود فوقانی و تحتانی میزان رطوبت که در آن خاک رفتار خمیری دارد به ترتیب حد روانی WL و حد خمیری WP نامیده می شود و تفاضل بین این دو میزان رطوبت را بنا به تعریف نشانه خمیری (دامنه خمیری) می نامند .

$$Ip = W_L - W_p$$

که به ترتیب Ip نشانه خمیری (دامنه خمیری) ، WL حد خمیری و Wp حد روانی می باشد. تغییر حالات خاک تدریجی است و تعریف حدود روانی و خمیری قراردادی می باشد. با استفاده از نشانه روانی IL می توان وضعیت میزان رطوبت طبیعی یک خاک را در مقایسه با حد روانی و حد خمیری آن مشخص نمود.

$$I_l = \frac{W - W_p}{I_p}$$

$$I_l \leq 0$$

$$0 \leq I_l \leq 1$$

$$I_l \geq 1$$

که در آن W رطوبت طبیعی خاک و IL نشانه روانی می باشد. که اگر میزان نشان روانی کمتر از صفر باشد (منفی) نشاندهنده سخت بودن خاک خواهد بود . نشانه روانی بین ۰-۱ نشانه حالت خمیری و نشانه روانی بزرگتر از یک حالت روانی خالت را نشان می دهد.

### ۳-۴- تثبیت بستر راه

پس از خاتمه خاکبرداری و ساختن بستر راه و شیروانی ها، در صورتی که زمین بستر راه دارای مقاومت کافی نباشد ، باید آن را تثبیت نمود تا بتواند فشار ناشی از روسازی و بار ترافیک را تحمل کند. مجموعه اقداماتی که برای بالا بردن و حفظ مقاومت خاک در مقابل نیروهای مکانیکی ، آب و عمل یخبندان انجام می گیرد. در این کار خواص خاک از طریق اصلاح دانه بندی خاک ، اضافه کردن مواد چسبنده، اضافه کردن مواد شیمیایی به نحوی عوض می شود که خاک به عنوان یک ماده ساختمانی نیازها را برآورده سازد .

خاک ها از قابلیت تثبیت و پایداری به سه دسته تقسیم می شوند

۳-۴-۱- خاک های پایدار . در مقابل عوامل جوی (آب و یخبندان ) پایدار بوده و تغییری در مقاومت و حجم آنها در اثر رطوبت ، خشکی و یخبندان بوجود نمی آید. خاکهایی مانند خاکهای GW,SW,GP,SP در جمله خاکهای پایدار می باشند.

۳-۴-۲- خاک های ناپایدار ولی قابل تثبیت. خاک های درشت دانه همراه با ۵۰-۵ درصد خاک ریز مانند خاکهای (GM,GC,(GM-ML),(GC-CL و هم چنین خاک های ریز دانه رسی نظیر CH, CL ۳-۴-۳- خاک های ناپایدار و از لحاظ اقتصادی غیر قابل تثبیت خاک های ریز دانه به صورت لای نظیر MH و MC و نیز خاکهای با منشاء آلی

همانطور که می دانیم با تثبیت خاک مقاومت آن افزایش می یابد. این عمل در اثر بالا بردن میزان چسبندگی خاک از یک طرف و افزایش اصطکاک دانه های خاک از طرف دیگر انجام می گردد . چسبندگی خاک را می توان با کم کردن میزان رطوبت موجود در خاک (خشکاندن) و بالا بردن فشردگی خاک (تراکم) بالا برد. دومین عامل مقاومت خاک یعنی میزان اصطکاک دانه ها را می توان با متراکم کردن، تصحیح دانه بندی و هم چنین با افزودن مواد تثبیت کننده زیاد کرد. هدف از تثبیت خاک، حفظ و نگهداری مقاومت ایجاد شده در خاک از طریق ثابت نگه داشتن میزان آب (رطوبت) و تراکم است.

بسته به نوع خاک بستر و دانه بندی آن می توان روش های مختلفی را برای تثبیت خاک در پیش گرفت.

### ۳-۵- روش های تثبیت

#### ۳-۵-۱- متراکم کردن

بعد از خاکبرداری، ساختن بستر، ساختن شیروانی های راه در صورت تراکم پذیر بودن بستر راه، با توجه به نوع خاک بستر با غلطک مناسب خاک را باید متراکم نمود غلتک های مناسب برای این کار در شکل ۱۴ فصل دوم آمده است.

### ۳-۵-۲- تثبیت مکانیکی

هدف این است که در لایه های فوقانی بستر راه مصالحی داشته باشیم که دارای دانه بندی مناسب باشد بطوری که قابلیت غلطک خوردن و متراکم شدن آن افزایش یابد اینکار توسط آزمایش مکانیک خاک و تعیین دانه بندی صورت میگیرد. مراحل مختلف تثبیت مکانیکی خاک به شرح زیر می باشد.

۳-۵-۲-۱ تهیه مخلوطی با دانه بندی مناسب

۳-۵-۲-۲ حمل و ریختن بر روی بستر راه

۳-۵-۲-۳ پهن کردن مخلوط روی بستر راه (گریدر، بلدوزر)

۳-۵-۲-۴ اختلاط مصالح حمل شده با خاک بستر

۳-۵-۲-۵ غلطک زدن با غلطک مناسب

در تمام مراحل مخلوط کردن و غلطک زدن، رطوبت خاک باید مناسب باشد تا عمل تراکم به نحو احسن انجام گیرد.

### ۳-۵-۳- تثبیت بوسیله آهک

بهترین روش تثبیت و بالا بردن مقاومت خاکهای ریز دانه و افزایش قابلیت کاربرد خاک می باشد. برای اینکار از ۲ نوع آهک زنده یا آب گرفته  $\text{Ca(OH)}_2$  برای این کار استفاده می شود. تاثیر آهک بر روی خاک یک اثر فیزیکی و شیمیایی است که موجب چسبیدن ذرات رس به یکدیگر می شود. هر دو نوع آهک برای تثبیت خاک های حاوی رس فراوان مانند  $\text{SC}, \text{CH}, \text{CH-CL}, \text{GC-CL}$  مناسب هستند ولی برای تثبیت خاکهای ریز دانه فاقد رس و خاکهایی که حاوی مقدار کمی رس هستند از آهک آب گرفته استفاده

می گردد. مانند خاکهای  $\text{ML}, \text{SM-ML}, \text{GM-ML}$

مراحل کار تثبیت خاک بوسیله آهک بصورت زیر می باشد.

۳-۵-۳-۱ آماده کردن بستر راه شامل جمع آوری سنگ های درشت، ریشه، چوب و نظایر آن

۳-۵-۳-۲ حمل و پخش آهک بر روی بستر راه

۳-۳-۵-۳- مخلوط کردن آهک با خاک بستر بصورت همگن و به ضخامت ۱۶ س م

۳-۳-۵-۴- متراکم کردن مخلوط آهک و خاک بستر با غلطک مناسب

۳-۵-۴- تعیین میزان آهک مورد نیاز :

برای اینکار لازم است تا عمقی که آهک با خاک مخلوط می گردد تعیین گردد که عموماً بین ۱۶-۱۱ سانتی متر می باشد. سپس حجم خاک مورد تثبیت را محاسبه می کنیم. اگر فرض کنیم بخواهیم در جاده به عرض ۵ متر و بطول ۵۰۰ متر و به عمق ۱۶ سانتی متر آهک بپاشیم . حجم خاک مورد تثبیت عبارت است از

$$\text{مکعب } ۴۰۰ = ۵۰۰ \times ۵ \times ۱۶$$

سپس مقداری خاک را وزن کرده (۵۰۰ گرم) و آن را در یک بشر پر از آب می ریزیم . حجم آب خارج شده از بشر را اندازه گیری کرده تا حجم خاک بدست آید و با تقسیم وزن خاک بر حجم آن ضریبی را بدست می آوریم. ضریب را در حجم عملیات خاکی ضرب و میزان آهک مورد نیاز را بر حسب درصد آهک مصرفی بدست می آوریم. مثلاً اگر ۲۵۰ سانتی متر مکعب آب از داخل بشر خارج گردد ضریب مربوطه ۲ بدست می آید. بقیه محاسبات به صورت زیر خواهد بود.

$$\text{تن } ۸۰ = ۴۰۰ \times ۲$$

اگر میزان مصرف آهک به میزان ۴ درصد باشد وزن آن ۴۰ تن خواهد بود .

۳-۶- تثبیت خاک با سیمان

تثبیت خاکهای درشت دانه مانند GC-CL GC GP GM-ML GM GW توسط سیمان صورت می گیرد . در صورت مرطوب بودن فقط کافی است تا روی خاک سیمان را بپاشیم . میزان مصرف سیمان برای خاکهای درشت دانه در حدود ۳-۶ درصد می باشد هر چه قدر خاک ریزدانه و خاصیت خمیری آن افزایش یابد میزان مصرف سیمان برای تثبیت آن افزایش می یابد. مثلاً برای خاکی مانند Sc

یا CL میزان مصرف سیمان تا ۲۰ درصد هم می رسد. روش تثبیت خاک با استفاده از سیمان مانند تثبیت آن با آهک می باشد.

Nikooy@Guilan.ac.ir

## فصل چهارم روسازی راه

Nikoooy@Guilan.ac.ir

## ۴- روسازی راه.

عبارت است از لایه های مختلفی از مصالح ساختمانی که برای جبران کمبود ظرفیت باربری راه ، در روی آن ساخته می شود. تعداد، ضخامت و جنس این لایه ها به عواملی مثل مقاومت خاک بستر راه، نوع، وزن، تعداد وسایل نقلیه استفاده کننده ازراه، شرایط جوی منطقه (رطوبت و خشکی)،نوع مصالح بکار رفته بستگی دارد. با خاکبرداری مسیر راه ، تنظیم جریان آب (زهکشی راه)،ساخت و تثبیت شیرونی های خاکبرداری و خاکریزی راه و تثبیت بستر راه زیر سازی راه به اتمام می رسد.پس از زیرسازی و تثبیت وتراکم راه، بستر راه هنوز شرایط لازم برای تحویل نیروهای وارده از ترافیک را ندارد لذا با ید با روسازی مقاومت بسترراه برای عبور ماشین آلات را افزایش داد.در راههای جنگلی زمین طبیعی مسیر راه اکثرا نقش پی (فونداسین) و مصالح ساختمانی را تواما عهده دار است .از این رو خاک یا همان زمین طبیعی مسیر راه از دو نظر دارای اهمیت است

.راههای جنگلی به عنوان زمین طبیعی از نظر ظرفیت باربری ،میزان نشست طبیعی و حساسیت به فرسایش و به عنوان مصالح ساختمانی از نظر حساسیت برابر یخبندان و بارندگی و قابلیت تراکم از اهمیت فراوان بر خوردار است. بعلاوه جنگلبانان معمولا به شبکه های ازراههای جنگلی نیاز دارند که حداقلامکان با مصالح ارزان، و هزینه کم ساخته شود و امکان بازسازی و تعمیر و نگهداری آن با ابزار ساده و هزینه کم وجود داشته باشد حال آنکه در راههای عمومی معمولا بازسازی و نگهداری در فواصل زمانی طولانی تر و با هزینه بیشتر صورت می گیرد.این راهها با توجه به نوع ترافیک و شرایط طبیعی مختلفی که دارند از نظر ساختمانی باید کاملا متفاوت باشند.

#### ۴-۱- تفاوت راههای روستایی و جنگلی

در راههای جنگلی معمولاً بارهای سنگین حمل می شود و فشار وارده به سطح (فشار محور کامیون) در آنها خیلی بالاتر از باری است که روی راههای روستایی حمل می شود. بعلاوه راههای روستایی اکثراً در مناطق مسطح و در فضای باز بدون سایه قرار دارند حال آنکه راههای جنگلی اکثراً در مناطق کوهستانی واقع اند و سایه درختان جنگلی همیشه روی آنها است. به همین جهت نوع مصالح ساختمانی که در راههای جنگلی روستایی به کار می رود متفاوت است

#### ۴-۲- روسازی راه

##### ۴-۲-۱- انتخاب مصالح ساختمانی

تهیه و انتخاب مواد و مصالح ساختمانی برای روسازی ره های جنگی به لحاظ فنی و اقتصادی ، دارای اهمیت ویژه ای است .بخصوص در جنگل های شمال که اکثراً با لایه ای ضخیم از خاک ریز دانه پوشیده شده است و این خاک ماده ساختمانی مناسبی برای روسازی راه نیست .بنابراین در راههای جنگلی هزینه روسازی ، قسمت عمده ای از هزینه ها را تشکیل می دهد. برای کاهش هزینه ها باید فاصله حمل و نقل مواد و مصالح ساختمانی در فواصل دور به حداقل ممکن کاهش یابد بنابراین لازم است تا قبل از شروع عملیات ساختمانی مسئله تهیه مواد ساختمانی برای روسازی راه به عنوان یک نکته مهم مد نظر قرار گیرد. استفاده از روش های مناسب تثبیت خاک می تواند در کاهش مصرف مواد ساختمانی در روسازی راه موثر باشد .طبیعی است که باید با حداقل هزینه حداکثر مقاومت را برای روسازی راه تامین کرد. استفاده از مطالعات خاکشناسی و تعیین ویژگیهای مصالح ساختمانی مورد نظر برای روسازی راه باعث تصمیم گیری صحیح در مورد انتخاب روش کار و ترکیب مواد و مصالح ساختمانی راه می گردد. هزینه این مطالعات بخش کوچکی از هزینه های راهسازی راه را تشکیل می دهد .در حالیکه صرفه جویی حاصل از نتیجه این تحقیقات خیلی زیاد و تعیین کننده است

## ۴-۲-۲- انتخاب مواد تثبیت کننده

مواد تثبیت کننده خاک عبارتند از آهک، سیمان، قیر و مواد شیمیایی. به غیر از آهک که می‌تواند برای تثبیت خاک بستر راه در جنگل‌های ایران (به علت داشتن مواد ریز دانه رسی زیاد) با موفقیت و تاثیر فوق العاده ای به کار گرفته شود سایر مواد تثبیت کننده بدلیل هزینه های زیاد و ویژگی های راههای جنگلی قابل استفاده نیستند

هر چه قدر شرایط جوی نامساعدتر، نوع مصالح بکاررفته نامرغوب تر، بار ترافیک بیشتر و مقدار مقاومت خاک بستر کمتر باشد باید لایه های روسازی را افزایش داد. حرکت ماشین آلات سنگین بویژه چرخ زنجیری برای جابجایی چوب، باعث استهلاک سریع روسازی بخصوص در محل های دپو و تقاطع مسیر های چوبکشی و دپو می گردد. بنابراین به غیر از راه های نفوذی که در تمام طول سال برای حمل و نقل چوب بوسیله کامیون و رساندن خدمات استفاده میشوند و باید دارای روسازی مناسب باشند روسازی بقیه راه های جنگلی بسته به اهمیت اشان از نظر مدت و زمان استفاده در طول سال می باید حداقل امکان ارزان و با استفاده از مصالح موجود در منطقه و یا حداکثر شن و ماسه رودخانه ای ساخت. در این حالت تعمیر و نگهداری مستمر راه به ویژه در فصول مرطوب الزامی است.

با توجه به اینکه محصولات جنگلی در سطح گسترده ای پراکنده است و جاده های جنگلی باید به صورت شبکه ای تمام سطح جنگل را پوشش دهد طول این جاده های اصلی و فرعی خیلی زیاد می باشد و امکان صرف هزینه های سنگین برای روسازی راه ها ممکن نیست. بعلاوه برخی از جاده های جنگلی فقط در مدت معدودی از سال و چند سالی در طول یک دوره طرح مورد استفاده قرار می گیرند

بنابراین می توان در شرایط نامساعد جوی از ورود ماشین آلات در آنها جلوگیری کرده و از استهلاک آنها کاست.

نوع روسازی راههای جنگلی متأثر از اهمیت راه (محوری، نفوذی، اصلی، فرعی)، حجم تردد، -وسایل و ماشین آلات استفاده کننده از راه (کامیون، اسکیدر چرخ لاستیکی و چرخ زنجیری، زمان استفاده از راه (فصل خشک یا مرطوب) می باشد.

#### ۳-۴- روسازی راههای جنگلی با بستر طبیعی

جاده با بستر طبیعی محکم، جاده ای است که بعد از عملیات خاکبرداری، بستر راه با اندازه ای محکم باشد که برای روسازی آن به لایه های اضافی شنی و ماسه نیازی نبوده و یا مقدار کمی شن و ماسه پاسخگوی کمبود مقاومت باشد این نوع راهها در معنای واقعی دارای روسازی نبوده و ظرفیت باربری بستر آنها به خصوصیات خاک (سنگ) منطقه بستگی دارد

#### ۴-۴- روسازی راههای جنگلی با بستر طبیعی

مراحل ساخت

۴-۴-۱- برداشتن و کار زدن لایه رویی خاک

۴-۴-۲- خاکبرداری و ساختن بستر راه با بلدوزر، بیل مکانیکی، گریدر

۴-۴-۳- تکمیل بستر راه، تسطیح بستر و ساختن آبروهای کناری، شانه های راه و شیروانی های

خاکبرداری و خاکریزی (گردیدر)

۴-۴-۴- غلطک زدن بستر راه با غلطک یبره در دفعات کافی

۴-۴-۵- ریختن لایه نازکی از شن و ماسه نرم

۴-۴-۶- غلطک زدن لایه نارک شن و ماسه با غلطک ویبره

توجه به زهکشی در این راهها بسیار مهم می باشد و باید به آن توجه نمود

#### ۴-۵-روسازی راه جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک

یکی از قدیمیترین روش های روسازی بوده که در حدود ۲۰۰۰ سال قبل رومی هاز ان استفاده می کردندروش قدیمی است که با شروع مکانیزاسیون منسوخ گردید و در صورت داشتن کارگر زیاد این روش در مسیر های کوتاه توصیه می گردد.

#### ۴-۶-مراحل روسازی راه جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک

۴-۶-۱-برداشتن لایه رویی خاک

۴-۶-۲-تکمیل ساختن بستر راه

۴-۶-۳- تکمیل بستر راه ، تسطیح بستر و ساختن آبروهای کناری ، شانه های راه و شیروانی های خاکبرداری و خاکریزی (گریدر)

۴-۶-۴-چیدن سنگ های هرمی شکل

۴-۶-۵-ریختن لایه نازکی از شن و ماسه نرم

۴-۶-۶-چیدن سنگ های هرمی شکل با ارتفاع ۳۰-۲۰ س م روی بستر راه (قاعده سنگها در بستر و نوک تیز رو به بالا)

۴-۶-۷-کوبیدن نوک سنگ ها و پر کردن حفرات خالی با مواد خرد شده

۴-۶-۸-ریختن یک لایه شن و ماسه درشت با قطر ۶۰-۳۰ س م روی سنگ چین و غلطک زدن آن با غلطک استوانه ای شکل تا سطحی صاف بدست آید

۴-۶-۹-ریختن لایه دیگری از شن و ماسه ریزتر از حالت قبل و غلتک زدن آن با غلطک استوانه ای شکل

۴-۶-۱۰-ریختن لایه ماسه ای نرم روی لایه قبل و غلطک زدن آن همراه با آب پاشی به عنوان لایه

حفاظتی و انتهایی

#### ۴-۷- روسازی راههای جنگلی به روش سنگ چین مکانیزه

مانند روش قبل بوده ولی به علت اینکه بالای کارگری به جای اینکه کارها با دست انجام شود بصورت

مکانیزه صورت می گیرد

#### ۴-۸- روسازی راههای جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه بندی شده

۸-۴-۱- برداشتن قشر رویی خاک

۴-۸-۲- خاک برداری و آماده کردن بستر راه و ساختن آبروها ، شانه ها و شیروانی ها خاکبرداری و

خاکریزی راه

۴-۸-۳- ریختن لایه ماسه و شن دانه بندی شده روی بستر صاف شده و پخش و تسطیح آن توسط گریدر

۴-۸-۴- غلطک زدن لایه شن و ماسه با غلطک ویبره

۴-۸-۵- پخش و تسطیح ماسه شکسته به عنوان لایه پوششی و غلطک زدن با غلطک ویبره و سپس غلطک

استوانهای

در روسازی راههای جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه بندی شده باید به نکات زیر توجه نمود

الف - سطح بستر صاف باشد تا ضخامت روسازی در تما سطح راه یکنواخت باشد

ب- در صورت استفاده از سنگهای شکسته موجود در طبیعت باید استحکام لازم را داشته باشند

ج- هر قدر دانه بندی شن و ماسه بهتر باشد، تراکم بهتر صورت می گیرد

د- مخلوط شن و ماسه شکسته (تیز گوشه) بعد از تراکم ف دارای مقاومت برشی بهتری نسبت به مخلوط

شن و ماسه گرد گوشه (شن و ماسه رودخانه ای) است

ه- بسته به ضخامت روسازی مخلوط شن و ماسه دانه بندی شده را در ۱،۲ یا ۳ لایه روی هم می ریزند و

غلطک می زنند

و- استفاده از غلطک ویبره بهتر از غلطک استوانه ای میباشد

#### ۹-۴- روسازی راههای جنگلی در زمین های طبیعی کم مقاومت

در زمین های با ظرفیت باربری کم ، قبل از اجرای روسازی باید خواص مکانیکی خاک بستر را به عنوان لایه ای که تمام نیروهای وارده به روسازی به آن منتقل می گردد ، بهبود بخشید و مقاومت آن را بالا برد تا بتواند وزن طبقات روسازی و نیروهای وارده رابه خوبی تحمل کند

#### ۴-۱۰- روشهای افزایش مقاومت زمین های طبیعی کم مقاومت

۴-۱۰-۱- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با اهک (مناسبترین روش)

۴-۱۰-۲- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با سیمان

۴-۱۰-۳- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک باچسباننده های سیاه

۴-۱۰-۴- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک بامواد شیمیای

۴-۱۰-۵- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک باقرار دادن لایه ای از پلاستیک یا حصیر الیاف مصنوعی به عنوان لایه جدا کننده لایه های خاک طبیعی بستر راه از لایه روسازی

۴-۱۱- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک باقرار دادن لایه ای از پلاستیک یا حصیر الیاف

مصنوعی به عنوان لایه جدا کننده لایه های خاک طبیعی بستر راه از لایه روسازی

شامل مراحل زیر است.

۴-۱۱-۱- حذف کندهای درختان و مسطح کردن مسیر راه بدون برداشتن لایه هوموس

۴-۱۱-۲- اضافه کردن فرش الیاف مصنوعی

۴-۱۱-۳- اضافه نمودن لایه روسازی به روش مخلوط شن و ماسه دانه بندی شده

۴-۱۱-۴-در صورتی که شن و ماسه از مصالح شکسته تولید شده باشد قبلا باید لایه ای ۱۰ سانتی متری از

ماسه بر روی فرش لاستیکی پهن کرد

۴-۱۱-۵-ریختن شن و ماسه مخلوط و پخش کردن آن

۴-۱۱-۶-کوبیدن با غلطک ویبره

۴-۱۱-۷-پهن کردن لایه پوششی نازک از ماسه بر روی روسازی و غلطک زدن با غلتک ویبره و غلطک

استوانه ای

Nikoooy@Guilan.ac.ir