Advanced Soil Mechanics

مقدمه

- ✓خاکهای فروریزشی (خاکهای رمبنده)
- ✓خاکهای قابل تورم (خاکهای آماسی)
- ✓خاک‌های واگرا
- ✓خاک‌های آلی
- ✓محل دفن زباله‌های شهری

خاک‌های رمبنده

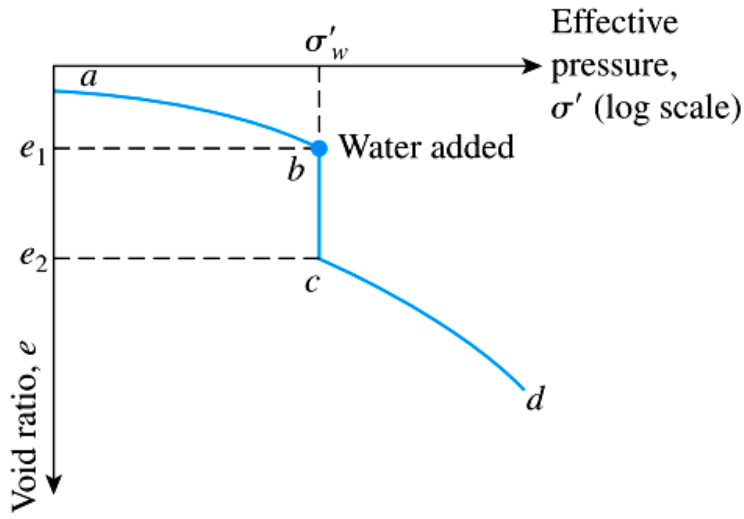
© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

خاک‌های رمبنده

- خاکهای رمبنده (فروریزشی)، خاکهای غیر اشباعی هستند که در هنگام اشباع شدن، تغییرحجم زیادی در آنها به وجود می‌آید.
- این تغییر حجم می تواند ناشی ازاعمال بار اضافی باشد و یا نباشد.

خاک‌های رمبنده



© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

مکانیک خاک پیشرفته

فصل هفتم: خاک‌های مسئله دار

علیرضا غنی‌زاده

دانشیار دانشکده مهندسی عمران ـ دانشگاه صنعتی سیرجان

خاک‌های رمبنده

- شالوده هایی که در روی چنین خاکهایی احداث می شوند، در صورت به اشباع در آمدن خاک به علت یک رطوبت غیر منتظره، ممکن است تحت نشست زیاد و ناگهانی قرار گیرند.
- این رطوبت ممکن است ناشی از عوامل و منابع مختلف باشد، نظیر:
  - لوله های آبرسانی شکسته
  - نشت از لوله های فاضلاب
  - نشت از مخازن آب و یا استخرهای شنا
  - بالا آمدن تدریجی تراز آب زیرزمینی
- نشست خاکهای رمبنده (فروریزشی) معمولاً باعث خسارت‌های سازه‌ای قابل توجه می‌شود. بنابراین شناسایی خاکهای رمبنده در حین شناسایی‌های صحرایی بسیار حایز اهمیت است.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

منشأ پیدایش خاک‌های رمبنده

- اکثر خاکهای رمبنده طبیعی، باد رفت هستند.
- بادرفتها خاکهای حمل و رسوب داده شده توسط باد می‌باشند، نظیر ماسه بادی و نهشته‌های خاکسترهای آتشفشانی.
- این نهشته‌ها دارای نسبت تخلخل بزرگ و وزن مخصوص کم هستند و چسبندگی آنها صفر و یا ناچیز است.
- ماسه بادی نهشته‌ای از ذرات به اندازهٔ لای است. چسبندگی ماسه بادی به علت ذرات رسی احاطه کننده دانه‌های با اندازه لای است که آنها را در حالت غیر اشباع در وضعیت تقریباً پایداری نگه می دارد. چسبندگی می تواند به علت ظهور مواد شیمیایی رسوب داده شده توسط آب باران نیز باشد.
- وقتی که خاک اشباع می شود، رسهای احاطه کنندهٔ ذرات مقاومت خود را از دست می‌دهند و در نتیجه خاک ناپایدار شده و ساختار خود را از دست می‌دهد.

منشأ پیدایش خاک‌های رمبنده

- خاکهای رمبنده همچنین می‌توانند از خاکهای برجا باشند که حاصل هوازدگی سنگها هستند.
- فرآیند هوازدگی، خاکهایی با دانه‌بندی عریض (خوب‌دانه‌بندی شده) تولید می‌کند. ذرات کلوئیدی و یا محلول این خاکها در اثر نفوذ آب باران شسته شده و در نتیجه تخلخل بزرگی در خاک ایجاد کرده و در آن وضعیت ناپایداری به وجود می آورند.
- نوع دیگری از خاکهای رمبنده (فروریزشی)، رسوبات ناشی از سیلابهای گل آلود می‌باشند. این رسوبات در صورتی که خشک شوند، دارای تخلخل بالایی خواهند بود.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Advanced Soil Mechanics

ارزیابی پتانسیل رمبندگی خاک

- جنینگز، و نایت (۱۹۷۵) روشی برای تعیین پتانسیل رمبندگی یک خاک معرفی کردند.
- پتانسیل رمبندگی را می‌توان با انجام آزمایش تحکیم مظاعف بر روی یک نمونه دست نخوردهٔ خاک در رطوبت طبیعی، تعیین کرد.
- برای این کار نمونه در حلقه آزمایش تحکیم قرار می گیرد و بار با افزایش پله ای تا فشاری در حدود ۲۰۰ کیلو نیوتن بر مترمربع بر آن اعمال می شود(فشار σ'_w). در این فشار (σ'_w=۲۰۰) نمونه به حالت اشباع درآمده و۲۴ ساعت به حال خود گذاشته می شود. در این آزمایش تخلخل های e_1,e_2 قبل و بعد از اشباع کردن به دست می آیند.

ارزیابی پتانسیل رمبندگی خاک

$$C_p = \Delta\varepsilon = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_o}$$

where

e_o = natural void ratio of the soil
$\Delta\varepsilon$ = vertical strain

C_p (%)	Severity of problem
0–1	No problem
1–5	Moderate trouble
5–10	Trouble
10–20	Severe trouble
20	Very severe trouble

[a]Based on data from Clemence, S. P., and Finbarr, A. O. (1981). "Design Considerations for Collapsible Soils," *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, American Society of Civil Engineers, Vol. 107, GT3 pp. 305–317.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Advanced Soil Mechanics

ارزیابی پتانسیل رمبندگی خاک

ASTM D 5333

$$I_c = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \cdot 100$$

Degree of Specimen Collapse	Collapse Index I_e, %
None	0
Slight	0.1 to 2.0
Moderate	2.1 to 6.0
Moderately severe	6.1 to 10.0
Severe	>10

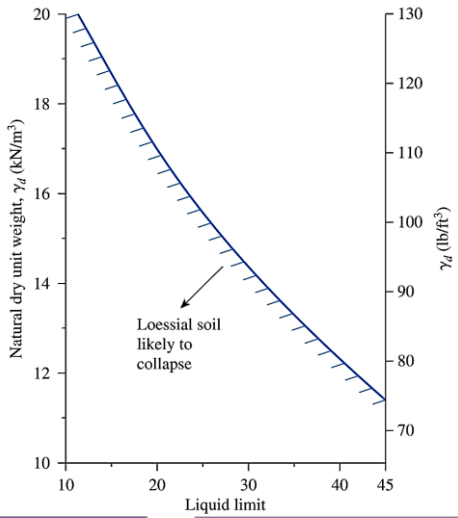
ASTM D 5333: Measurement of Collapse Potential of Soils

ارزیابی پتانسیل رمبندگی خاک

Holtz and Hilf (1961)

$$\gamma_d \leqslant \frac{G_s \gamma_w}{1 + e_o} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + (\mathrm{LL})(G_s)}$$

$$G_s = 2.65$$



© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Advanced Soil Mechanics

ارزیابی پتانسیل رمبندگی خاک

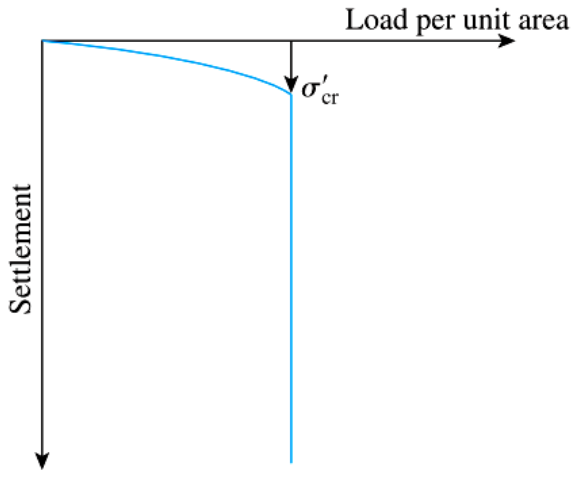
Feda (1964)

$$K_L = \frac{w_o}{S_r} - \frac{\text{PL}}{\text{PI}}$$

w_o : natural water content,
S_r : natural degree of saturation,
PL : plastic limit, and
PI : plasticity index.

For S_r = 100%, if K_L = 0.85, the soil is a subsident soil.

طراحی شالوده بر روی خاک های رمبنده– خاک های غیر حساس به رطوبت



$$\sigma'_{all} = \frac{\sigma'_{cr}}{FS}$$

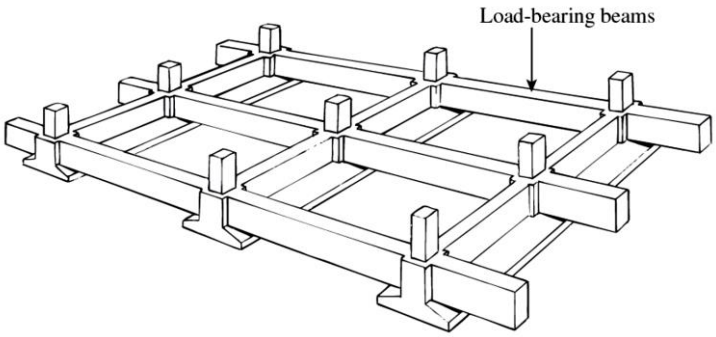
σ'_{all} = allowable soil pressure
FS = factor of safety

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

احداث شالوده بر روی خاکهای رمبنده (فروریزشی)

- در اغلب موارد برای کاهش نشستهای نسبی، طراحان ترجیح می دهند به جای استفاده از شالوده تک، از شالوده های پیوسته استفاده نمایند. در شکل روشی برای پیوسته کردن شالوده ها نشان داده شده است. در این شالوده در یک امتداد از شالودۀ نواری و در امتداد دیگر از تیرهای خمشی استفاده شده است.



احداث شالوده بر روی خاکهای رمبنده (فروریزشی)

- در ساخت سازه های سنگین، (نظیر سیلوهای ذخیرۀ دانه های نباتی) در روی خاکهای رمبنده، گاهی مواقع نشستی تا حدود ۰/۳ متر مجاز است. در این حالت فرض می شود که خطر کج شدن سازه وجود ندارد(یعنی بار وارد از سازه بر روی شالوده دارای برون محوری نمی باشد).

- در احداث سازه های سنگین بر روی خاکهای رمبنده باید بی نهایت دقت کرد. در صورتی که نشست زیادی قابل انتظار باشد، می توان از شمع و یا پایه های عمیق استفاده نمود. در این حالت بار به لایه های محکم تحتانی انتقال می یابد.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

روش‌های بهسازی خاکهای رمبنده (فروریزشی)

- اگرعمق مرطوب شدن در حدود ۱/۵ تا ۲ از سطح زمین باشد، قبل از احداث شالوده این عمق را می توان مرطوب و سپس توسط غلتک متراکم کرد. در روی خاک متراکم شده می توان از شالودهٔ تک و یا گسترده استفاده نمود.
- در چنین حالتی تراکم دینامیکی بسیار مفید می باشد. در تراکم دینامیکی یک وزنهٔ سنگین از ارتفاعی معادل ۷/۵ تا ۳۰/۵ متر بر روی خاک پرتاب می شود. موج فشار ناشی از این پرتاب باعث تراکم خاک (حتی لایه های عمیق) می شود.

احداث شالوده بر روی خاکهای رمبنده (فروریزشی)

- در صورت مناسب بودن شرایط، می توان گود برداشته شده برای احداث شالوده را با محلول سیلیکات سدیم و یا کلرید کلسیم، آب اندازی کرد. این محلولهای شیمیایی باعث پایداری خاک می شوند.
- این روش وقتی موفقیت آمیز است که محلول شیمیایی تا عمق مطلوب در خاک نفوذ نماید. در نتیجه این روش بیشتر قابل استفاده برای نهشته‌های ماسه‌ای ریز می‌باشد.
- سیلیکاتها گران هستند و به ندرت از آنها استفاده می‌شود.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Advanced Soil Mechanics

احداث شالوده بر روی خاکهای رمبنده (فروریزشی)

- وقتی که لایهٔ خاک احتمال مرطوب شدن تا عمق ۱۰ متری را داراست، قبل از احداث شالوده از روشهای مختلفی می‌توان برای پایداری خاک استفاده نمود.
- دو روش از این روشها، تراکم ارتعاشی و آب اندازی می باشند.
- در خاکها با زهکشی آزاد، تراکم ارتعاشی نتایج موفقیت آمیزی داده است. روش آب اندازی در مناطقی مورد استفاده قرار می گیرد که لایهٔ نفوذ ناپذیر وجود نداشته باشد.

احداث شالوده بر روی خاکهای رمبنده (فروریزشی)

- اگر رمبیدن (فروریزش) خاک قبل از احداث شالوده امکان پذیر نباشد (یعنی امکان پیش فروریزش نباشد)، شالوده را می توان در عمقی که خطر رمبیدن ندارد، ساخت. در این حالت ممکن است احتیاج به استفاده از شمع و یا پایه های عمیق باشد.
- گاهی مواقع استفاده از ستونهای سنگی که به روش ارتعاشی در زمین کوبیده شده اند، می تواند مورد توجه قرار گیرد.
- روش پشنهادی دیگر بهره‌گیری از بالشتک ماسه ای است (اجرای یک قشر از مصالح شنی بین خاک و پی ساختمان).

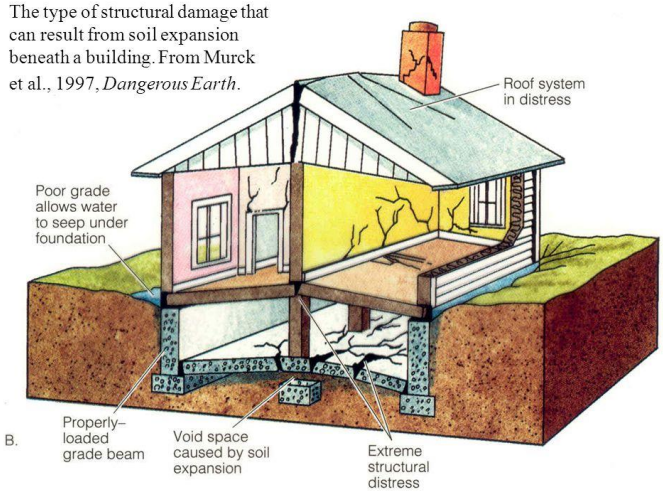
© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Advanced Soil Mechanics

خاک‌های تورم پذیر

The type of structural damage that can result from soil expansion beneath a building. From Murck et al., 1997, *Dangerous Earth*.



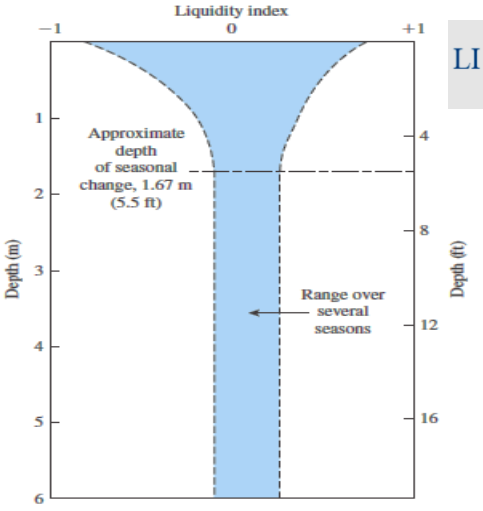
خاک‌های تورم پذیر

- برخی از انواع رس‌ها در هنگام جذب آب متورم و پس از از دست دادن آب، منقبض می شوند. شالوده هایی که روی چنین خاکی احداث شوند، تحت نیروهای برکنش قابل توجهی ناشی از تورم قرار می گیرند. این نیروهای برکنش باعث بالا آمدگی، ترک و شکست اجزای شالوده و دال کف می شوند. در حالت عمومی خاکهای مستعد تورم دارای حد مایع و حد خمیری بزرگتر از حدود ۴۰ و ۱۵ (به ترتیب) می باشند.
- همانطور که گفته شد، افزایش میزان رطوبت باعث تورم رس می شود. عمقی از مقطع خاک که در آن تغییر رطوبت به طور متناوب انجام شود، به ناحیهٔ فعال معروف است.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

احداث شالوده بر روی خاکهای قابل تورم (خاکهای آماسی)



$$LI = \frac{\omega - PL}{LL - PL}$$

عمق ناحیهٔ فعال برای بعضی از شهرهای آمریکا

شهر	عمق فعال به متر
هوستون	۱.۵تا۳
دالاس	۲/۱تا۴/۶
سن آنتونیو	۳تا۹
دنور	۳تا۴/۶

- در بعضی از رسها عمق لایهٔ فعال می تواند تا ۱۵ متر باشد.

عمق ناحیه فعال را می توان با رسم نمودار تغییرات نشانهٔ مایع در مقابل عمق در فصول مختلف تعیین کرد. شکل مقابل مثالی از این نمودار را نشان می دهد.

تعیین تورم آزاد خاک

- آزمایش تورم آزاد
- آزمایش فشار تورم

در آزمایش تورم آزاد، نمونه درون ادئومتر تحت سربار کوچکی در حدود ۶/۹ کیلو نیوتن بر متر مربع قرار داده می شود. سپس به نمونه آب اضافه شده و افزایش ارتفاع نمونه تا رسیدن به حد تعادل اندازه گیری می شود. درصد تورم آزاد توسط رابطهٔ زیر تعریف می‌شود:

$$s_{w(\text{free})}(\%) = \frac{\Delta H}{H}(100)$$

که در آن:

$S_{w\langle free\rangle}$ =تورم آزاد (درصد)

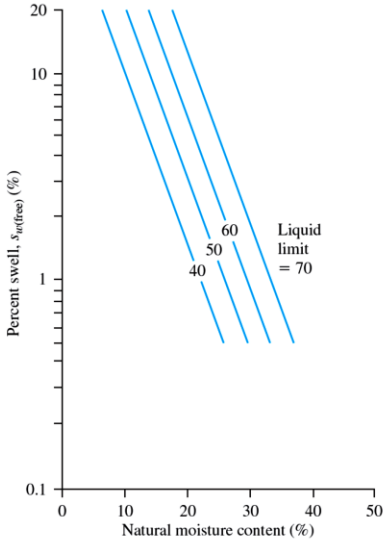
ΔH=ارتفاع تورم به علت اشباع شدن

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Advanced Soil Mechanics

تعیین تورم آزاد خاک



$$\Delta S_F = 0.0033 Z s_{w(\text{free})}$$

ΔS_F = free surface swell
Z = depth of active zone
$s_{w(\text{free})}$ = free swell, as a percentage

تعیین تورم آزاد خاک

A soil profile has an active zone of expansive soil of 2 m. The liquid limit and the average natural moisture content during the construction season are 60% and 30%, respectively. Determine the free surface swell.

Solution

From Figure 11.13 for LL = 60% and w = 30%, $s_{w(\text{free})}$ = 1%. From Eq. (11.10),

$$\Delta S_F = 0.0033 Z s_{w(\text{free})}$$

Hence,

$$\Delta S_F = 0.0033(2)(1)(1000) = \mathbf{6.6\ mm}$$ ■

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

تعیین تورم آزاد اصلاح شده خاک

- تعیین نشانهٔ تورم آزاد اصلاح شده، توسط رائو و همکاران (۱۹۸۷) ارائه شده که تخمین مناسبتری از پتانسیل تورم خاکهای رسی بدست می دهد.
- در این آزمایش ابتدا یک نمونه به وزن تقریبی ۱۰ گرم که در کوره خشک شده، تهیه می شود.
- سپس نمونه به صورت پودر در آمده و در ظرفی محتوی ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته می شود. بعد از ۲۴ ساعت، حجم رسوبات متورم شده اندازه گیری می شود. حال نشانهٔ تورم آزاد اصلاح شده به صورت زیر تعریف می شود:

نشانه تورم آزاد اصلاح شده = $\frac{V-Vs}{Vs}$

که در آن:

V= حجم خاک بعد از تورم

V_s= حجم ذرات جامد خاک = $\frac{Ws}{Gs\,\gamma\omega}$

Ws= وزن نمونهٔ خشک شده در کوره

تعیین تورم آزاد اصلاح شده خاک

بر پایهٔ نشانهٔ تورم آزاد اصلاح شده، پتانسیل تورم خاک به صورت زیر سنجیده می‌شود:

پتانسیل تورم	نشانهٔ تورم آزاد اصلاح شده
قابل صرف نظر کردن	<۲/۵
متوسط	۲/۵ تا ۱۰
بالا	۱۰ تا۲۰
خیلی زیاد	بزرگتر از ۲۰

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

تعیین فشار تورم

- در آزمایش فشار تورم، نمونه در حلقهٔ تحکیم قرار داده شده و بر آن فشاری مساوی فشار مؤثر سربار σ'_0 به علاوهٔ فشار تقریبی شالوده σ'_s اعمال می شود. سپس آب به نمونه اضافه می شود. به محض آغاز تورم نمونه، فشار با نموهای تدریجی طوری بر نمونه اعمال می شود که از تورم آن جلوگیری نماید. این عمل تا حصول فشار تورم کامل ادامه می یابد. در این زمان فشار کل وارد بر نمونه برابر است با :

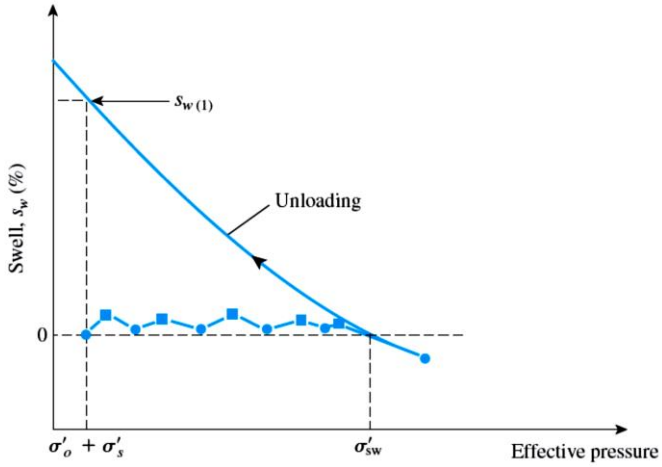
$$\sigma'_{sw} = \sigma'_o + \sigma'_s + \sigma'_1$$

که در آن :

σ'_{sw} = فشار کل به منظور جلوگیری از تورم و یا تورم صفر

σ'_1 = فشار اضافی برای جلوگیری از تورم بعد از افزودن آب

احداث شالوده بر روی خاکهای قابل تورم (خاکهای آماسی)



- مقدار ۳۰-۲۰≈ σ'_{sw} کم و مقدار ۲۰۰۰-۱۵۰۰ خیلی زیاد در نظر گرفته می شود.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

تعیین میزان تورم با توجه به نمودار فشار تورم

- با استفاده از فشار تورم می توان مقدار بالازدگی یک شالوده را تعیین کرد(اونیل و پور مؤید-۱۹۸۰). داریم:

$$\Delta S = \sum_{i=1}^{n} [s_{w(1)}\,(\%)](H_i)(0.01)$$

که در آن:

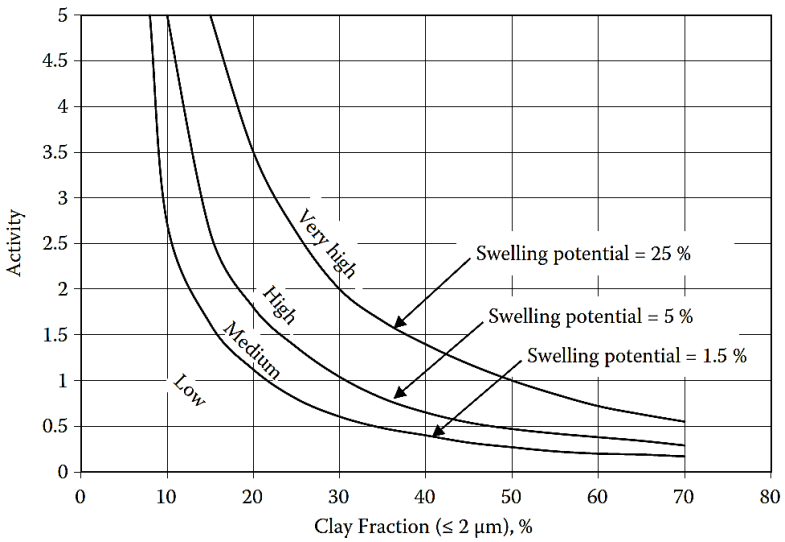
$s_{w(1)}(\%)$ = تورم، برحسب درصد، برای لایهi تحت فشار $\sigma'_o + \sigma'_s$

ΔH_i =ضخامت لایهi

روش تعیین مقدار بالازدگی خاک با استفاده از رابطه فوق تعیین می شود.

احداث شالوده بر روی خاکهای قابل تورم (خاکهای آماسی)

$$A = \frac{\text{PI}}{\text{(درصد وزنی ذرات با اندازه رسی)}}$$



© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

احداث شالوده بر روی خاکهای قابل تورم (خاکهای آماسی)

Liquid limit	Plasticity index	Potential swell (%)	Potential swell classification
<50	<25	<0.5	Low
50–60	25–35	0.5–1.5	Marginal
>60	>35	>1.5	High

Potential swell = vertical swell under a pressure equal to overburden pressure

[a]Based on data from O'Neill and Poormoayed (1980)

راهکارهای مقابله با خاک‌های تورم‌پذیر

- در صورتی که خاک با پتانسیل تورم کم طبقه بندی گردد، در طراحی و ساخت شالوده می‌توان از روشهای استاندارد و عادی استفاده کرد. لیکن اگر پتانسیل تورم یک خاک متوسط و یا زیاد باشد، باید تدابیری اتخاذ گردد. این تدابیر عبارتند از:

✓ تعویض خاک قابل تورم زیر شالوده

✓ تغییر طبیعت خاک قابل تورم با استفاده از یکی از روشهای تراکم، پیش رطوبت، عایقهای رطوبتی و تثبیت‌کننده‌های شیمیایی.

✓ مقاوم کردن سازه در مقابل تورم. این کار را می توان با احداث شالوده های شمعی و یا پایه های عمیق انجام داد و یا با انعطاف پذیرساختن سازه، خطر ترک خوردگی در آن را به هنگام تورم از بین برد.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

راهکارهای مقابله با خاک‌های تورم‌پذیر

تعویض خاک

در صورتی که خاک قابل تورم، سطحی و دارای عمق کم باشد، می توان تمام خاک قابل تورم را برداشت و آن را با خاک مناسب پر کرد و به قدر لازم متراکم نمود.

تراکم

تجربه نشان داده است که تراکم خاک در سمت راست میزان رطوبت بهینه (رطوبتی در حدود ۳ تا ۴ درصد بیش از میزان رطوبت بهینه) می تواند به طور قابل توجهی مقدار تورم خاکهای قابل تورم را کاهش دهد. حتی تحت چنین شرایطی ساخت اجزایی نظیر دال کف بر روی خاکهایی که احتمال می‌رود میزان نشست آنها بزرگتر از ۳۵ میلیمتر باشد، باید با احتیاط همراه باشد.

راهکارهای مقابله با خاک‌های تورم‌پذیر

پیش رطوبت

در این روش با آب اندازی در سطح زمین، رطوبت خاک بالا برده شده و در نتیجه قبل از احداث شالوده، اکثر تورم خاک رخ می دهد. البته این روش احتیاج به زمان زیادی دارد، چون نفوذ آب در خاکهای رسی با خاصیت خمیری زیادی به کندی صورت می گیرد. بعد از آب اندازی، افزودن ۴ تا ۵ درصد آهک شکفته به لایهٔ فوقانی خاک، باعث کاهش خاصیت خمیری و افزایش کار پذیری خاک می شود.

نصب عایقهای رطوبتی

با کنترل رطوبت خاکهای قابل تورم می‌توان از وقوع تورم جلوگیری نمود و یا میزان آن را به مقدار زیادی کاهش داد. این کار را می توان با تعبیه عایقهای رطوبتی قائم با عمق ۱/۵ متر در حول محیط دال برای دالهای کف انجام داد. عایقهای رطوبتی را می توان به وسیلهٔ ترانشه هایی که با شن و یا بتن مگر کم مایه پر شده اند و یا با استفاده از غشاءهای آب بند اجرا نمود.

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

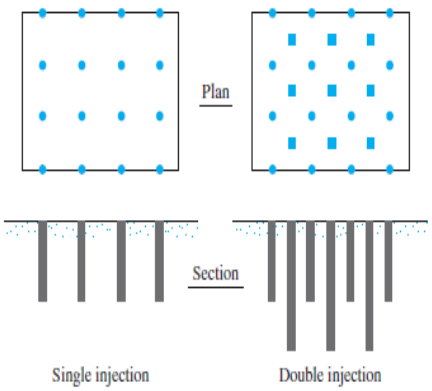
راهکارهای مقابله با خاک‌های تورم‌پذیر

تثبیت خاک

تثبیت خاک به وسیلهٔ آهک و سیمان در بعضی موارد نتایج مثبتی داشته است. در اغلب موارد استفاده از دوغاب۵ درصد آهک کافی می باشد. آهک، یا سیمان با آب و لایهٔ فوقانی مخلوط شده و متراکم می گردند. اضافه کردن آهک باعث کاهش حد مایع و نشانهٔ خمیری شده و در نتیجه از پتانسیل تورم کاسته می شود. این روش برای پایداری لایه ای سطحی به ضخامت ۱تا ۱/۵ متر می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

راهکارهای مقابله با خاک‌های تورم‌پذیر

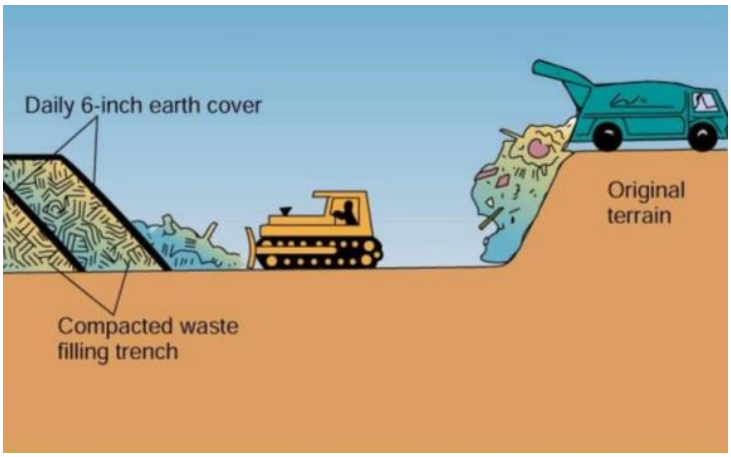
- روش دیگر برای پایدار کردن خاکهای قابل تورم، استفاده از تزریق دوغاب آهک و یا دوغاب آهک و خاکستر آتشفشانی به عمق ۴ تا ۵ متر و دربعضی موارد قدری بیشتر، به منظور پوشش دادن ناحیهٔ فعال است.



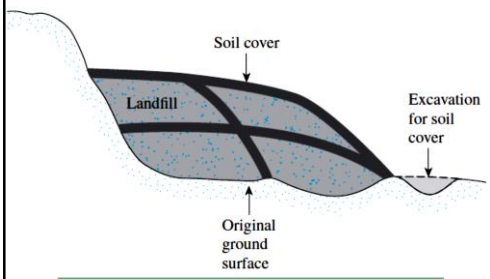
© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

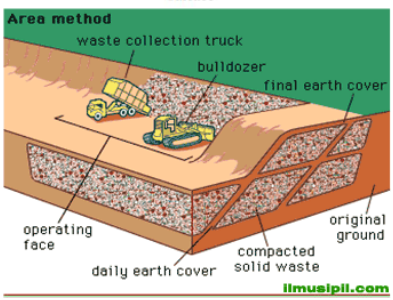
Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

زمین های دفن زباله



زمین های دفن زباله





- یکی از روش های دفن زباله های شهری، دفن آنها در خاک است. این شیوه تقریباً در تمام کشورهای دنیا متداول است. زباله‌های شهری هم شامل مواد فاسد شونده ای مثل چوب، کاغذ و الیاف و هم شامل مواد سختی مثل آجر و یا سنگ (نخاله های حاصل از تخریب ساختمانها) می‌باشند. این زباله ها به وسیلهٔ کامیون تخلیه شده و در دفعات مختلف متراکم می‌شوند و نهایتا" روی آنها با لایه‌ای از خاک پر می‌شود.
- در حالت متراکم وزن مخصوص زباله‌ها بین ۵ تا ۱۰ کیلونیوتن بر متر مکعب می‌باشد. یک شهر یک میلیون نفری می‌تواند در حدود 3.8×10^6 متر مکعب در سال، زباله در حالت متراکم تولید نماید.

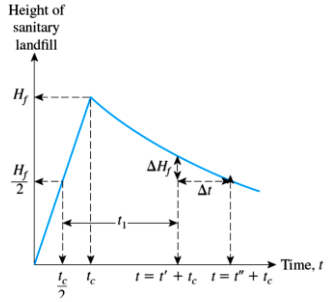
© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

سرعت نشست زمین های دفن زباله

Yen and Scanlon (1975)

$$m = \frac{\Delta H_f\,(\text{m or ft})}{\Delta t\,(\text{month})}$$



m = settlement rate
H_f = maximum height of the sanitary landfill

$m = a - b \log t_1$ [for fill heights ranging from 12 to 24 m (40 to 80 ft)]
$m = c - d \log t_1$ [for fill heights ranging from 24 to 30 m (80 to 100 ft)]
$m = e - f \log t_1$ [for fill heights larger than 30 m (100 ft)]
m is in m/mo(ft/mo).
t_1 is the median fill age, in months

سرعت نشست زمین های دفن زباله

$$t_1 = t - \frac{t_c}{2}$$

t = time from the beginning of the landfill
t_c = time for completion of the landfill

Item	SI	English
a	0.0268	0.088
b	0.0116	0.038
c	0.038	0.125
d	0.0155	0.051
e	0.0435	0.142
f	0.0183	0.060

© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

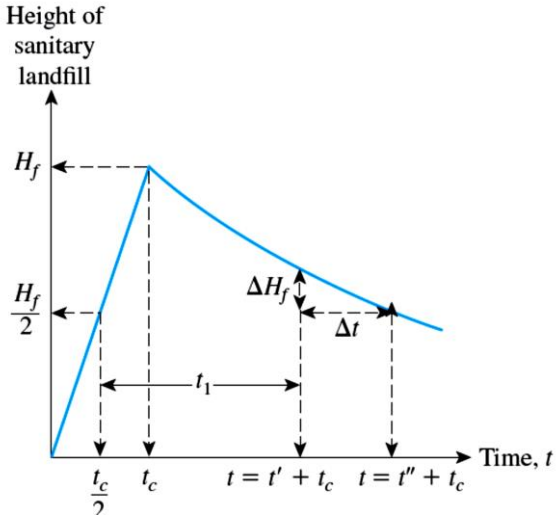
میزان نشست زمین‌های دفن زباله

$$\Delta H_f = \frac{\alpha H_f}{1 + e} \log\left(\frac{t''}{t'}\right)$$

H_f = height of the fill
e = void ratio
α = a coefficient for settlement
t', t'' = times (see Figure 11.29)
ΔH_f = settlement between times t' and t''

$\alpha = 0.09e$ (برای شرایط مناسب برای فساد)

$\alpha = 0.03e$ (برای شرایط نامناسب برای فساد)



© Ali Reza Ghanizadeh, Phd

Associate Professor, Deprtment of Civil Engineering, Sirjan University of Technology