

مکانیک خاک

۷. تراکم صحرایی Field Compaction

1

سوالات جلسه قبل

- تفاوت بین تراکم و تحکیم چیست؟
- چرا در خاک‌های رسی با افزایش میزان رطوبت، در منحنی تراکم خاک بیشتر ساختار پراکنده‌تری پیدا می‌کند؟
- اثر انرژی تراکم روی منحنی دانه‌بندی چگونه است؟

2

مطلوب این جلسه

- آشنایی با غلتک‌ها و کاربردهای آنها
- طرز کنترل تراکم صحرایی
- چگونگی تعیین چگالی خشک خاک در صحراء
- آشنایی با بعضی روش‌های بهبود خواص خاک

3

تراکم صحرایی

• تجهیزات

- غلتک چرخ صاف **Smooth wheel roller**
- غلتک پاچه بزی **Sheepsfoot roller**
- غلتک لاستیک بادی **Pneumatic tired roller**
- غلتک ارتعاشی **Vibratory roller**

• تراکم دینامیکی

4

تراکم صحرایی

انواع غلتکها



- Smooth-wheel roller**
- Vibratory roller**
- Pneumatic rubber tired roller** •



Sheepsfoot roller



تراکم صحرایی

غلتک چرخ صاف **Smooth Wheeled Roller**



به طور مؤثر فقط ۳۰۰-۲۰۰ میلی متر خاک را می تواند متراکم کند. بنابراین خاک در لایه های باریک ریخته می شود.

غلتک چرخ صاف



- غلتک چرخ صاف برای لایه‌های باریک و برای پایان عملیات مناسب است.
- برای همه انواع خاک‌ها به جز خاک‌های سنگی قابل کاربرد است.

7

غلتک لاستیک بادی



- این غلتک دارای یک سری تایر بادی به جای یک درام صاف است. تراکم با ترکیبی از وزن و وزن دادن انجام می‌شود.
- برای خاک‌های درشت‌دانه و ریز‌دانه قابل کاربرد است.
- برای خاک‌پریزهای بزرگ‌راه و ساخت سد قابل کاربرد است.

8

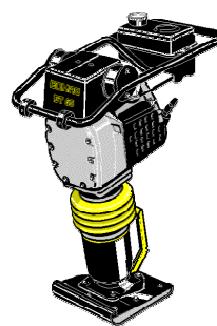
تراکم صحرایی

Vibrating Plates



برای تراکم سطوح خیلی کوچک

مؤثر برای خاک‌های درشت‌دانه



تراکم صحرایی

غلتک یا چهبزی Sheepsfoot Roller

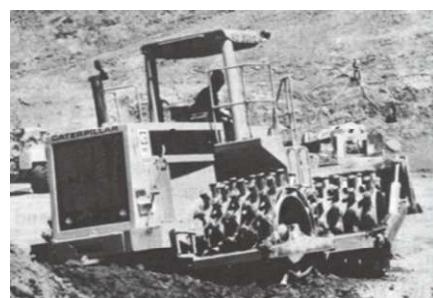


عمل ورز دادن را انجام می‌دهد. در رس‌ها خیلی مؤثر است

10

غلتک پاپه‌بزی

- دارای یک درام یا تعداد زیادی برآمدگی می‌باشد.
- این غلتک‌ها اغلب برای تراکم خاک‌های رسی به کار می‌روند.



11

تراکم صحرایی

غلتک ضربه‌ای Impact Roller



تراکم عمیق‌تری (2-3m) را تهیه می‌کند

12

غلتک‌های ارتعاشی

- خاک‌های دانه‌ای را به خوبی مترکم می‌کنند. عمل ارتعاش می‌تواند با یک درام صاف، تایر لاستیکی یا غلتک پاچه‌بزی به کار رود.

13



14

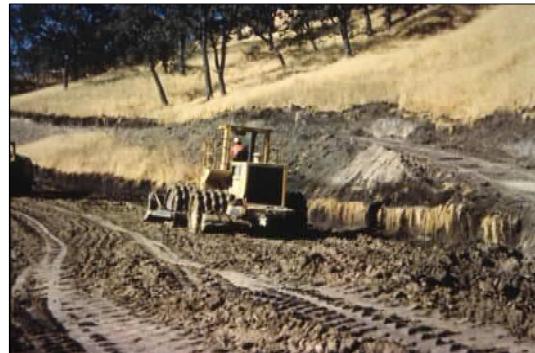


15

کنترل رطوبت



کنترل رطوبت هنگام کوبیدن خاک‌های چسبنده بسیار مهم است مخصوصاً در خاک‌های متسع‌شونده (**expansive**).



- هنگام تراکم خاک‌های متسع‌شونده برای تحمل وزن سازه‌ها (نه راه‌ها)، بایستی دقت شود که حتی الامکان خاک ۲ تا ۵ درصد در سمت تر رطوبت بهینه کوییده شود.

کنترل تراکم

-کنترل مشخصات تراکم در فواصل معین

مثلاً ۱ آزمایش در هر ۱۰۰۰ مترمکعب خاک مترکم

• چگالی خشک حداقل
• دامنه میزان رطوبت

تراکم نسبی

- تراکم نسبی **Relative compaction** روشی برای مقایسه تراکم صحرایی و تراکم آزمایشگاهی است.

$$C_R = \frac{100\gamma_d}{(\gamma_d)_{\max}}$$

19

مشخصات تراکم صحرایی

- معیارها بر اساس درصد تراکم نسبی بیان می‌شود.
- نسبت به تراکم آزمایشگاهی پروکتور استاندارد یا اصلاح شده بیان می‌شود.
- تعداد ۱۰-۱۵ پاس غلتک اقتصادی‌ترین و مؤثرترین روش برای رسیدن به ماکریمم وزن واحد خشک است.
- ارتباط تجربی بین چگالی نسبی و تراکم نسبی (Lee & Singh, 1971)

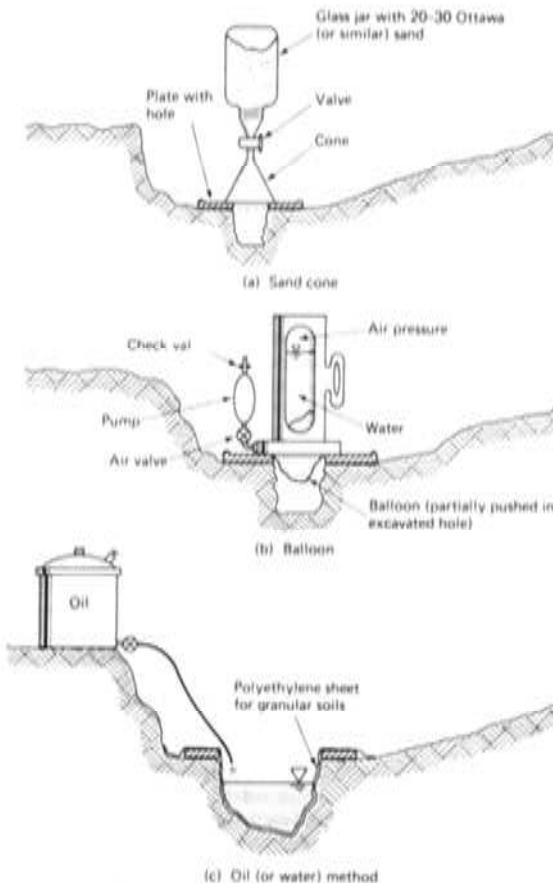
$$\bullet C_R = 80 + 0.2D_r$$

20

معیار تراکم صحرایی

- ۹۸٪ به معنی آن است که در صحراء وزن واحد خشک بايستی ۹۸٪ نتایج آزمایشگاه باشد.
- برای مثال اگر وزن واحد خشک ماکریمم و رطوبت بهینه در آزمایشگاه به ترتیب 20 kN/m^3 و ۲۲ درصد باشد، تراکم صحرایی بايستی به نحوی انجام شود که وزن واحد خشک حداقل $0.98 * 20$ باشد و رطوبت هنگام کوبیدن خاک (20) ~24٪ باشد.

21



اندازه‌گیری تراکم صحرایی

روش‌های مرسوم عبارتند از:

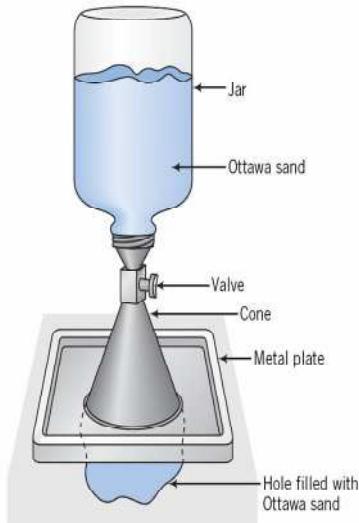
Nuclear method

Sand cone method

Rubber balloon method

22

ASTM D1556 آزمایش مفروط ماسه



23

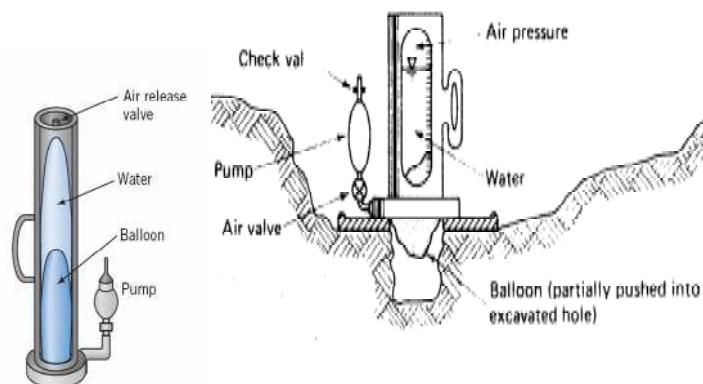
آزمایش مخروط ماسه

$$V = \frac{W_1 - W_2}{\gamma_{sand}} - V_{cone}, \quad \gamma = \frac{W}{V}$$

- V : حجم چاله آزمایش
- W_1 : وزن اولیه تجهیزات مخروط ماسه
- γ_{sand} : وزن واحد ماسه استفاده شده در مخروط ماسه
- V_{cone} : حجم مخروط زیر شیر
- γ : وزن واحد خاکریز
- W : وزن خاک بیرون آمده از چاله

24

آزمایش بالون لاستیکی



25



- امروزه اغلب آزمایش‌های تراکم با استفاده از روش هسته‌ای انجام می‌شود.

مثال ۱۰

یک آزمایش مخروط ماسه روی یک خاکریز انجام شده و خاک مورد آزمایش خاک مثال قبل می‌باشد. نتایج آزمایش مطابق زیر است:

- جرم اولیه تجهیزات مخروط ماسه **5.912 kg**
- جرم نهایی تجهیزات مخروط ماسه **2.378 kg**
- جرم خاک بیرون آمده از گمانه **2.883 kg**
- میزان رطوبت خاک درون چاله **7%**
- چگالی ماسه **1300 kg/m³**
- حجم مخروط زیر شیر **1.114e-3 m³**

مشخصات پروژه تعیین می‌کند که تراکم نسبی باقیستی حداقل ۹۰٪ باشد. γ_d و C_R را محاسبه کنید و تعیین کنید آیا مشخصات پروژه را ارضاء می‌کند یا خیر. اگر نه، پیشنهاد خود را ارائه دهید.

27

$$(M_{sand})_{cone+hole} = 5.912 - 2.378 = 3.534 \text{ kg}$$

$$V_{cone+hole} = \frac{(M_{sand})_{cone+hole}}{\rho_{sand}} = \frac{3.534}{1300} = 2.718 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{hole} = V_{cone+hole} - V_{cone} = 2.718 \times 10^{-3} - 1.114 \times 10^{-3} = 1.604 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{soil} = M_{soil} g = 2.883 \times 9.81 \times \frac{1kN}{1000N} = 2.828 \times 10^{-2} \text{ kN}$$

$$\gamma = \frac{W_{soil}}{V_{hole}} = \frac{2.828 \times 10^{-2}}{1.604 \times 10^{-3}} = 17.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} = \frac{17.63}{1+0.070} = 16.5 \text{ kN/m}^3$$

$$C_R = \frac{\gamma_d}{(\gamma_d)_{max}} \times 100\% = \frac{16.5}{19} \times 100\% = 86.8\%$$

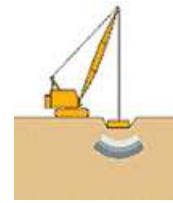
تراکم نسبی کمتر از مقدار مورد نیاز ۹۰٪ است. این ممکن است به دلیل میزان رطوبت کم باشد که زیر بهینه است. پیشنهاد می‌شود خاک شخم زده شده، آب اضافه شده، خاک مخلوط شده و مجددآ مترکم شود.

حل
مثال

28

تراکم دینامیکی

کوبیدن زمین با یک وزنه سنگین

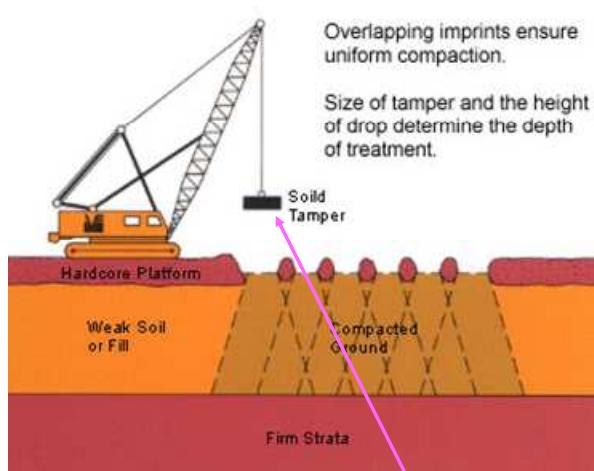


وزنه



حفره‌هایی که با ضربه به وجود آمده‌اند
(بایستی پرشوند)

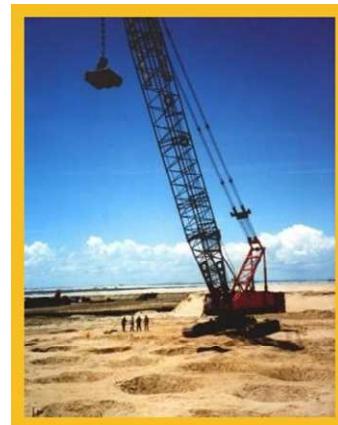
تراکم دینامیکی



Pounder (Tamper)
Mass = 5-30 tonne
Drop = 10-30 m



تراکم دینامیکی



Vibroflotation

مناسب برای خاکهای درشت‌دانه



روش‌های گوناگونی دارد:

- vibro-compaction ➤
- stone columns ➤
- vibro-replacement ➤

Vibroflot (vibrating unit)

Length = 2 – 3 m

Diameter = 0.3 – 0.5 m

Mass = 2 tonnes

(به زمین رانده شده و مرتعش می‌شود)

Vibroflotation



Vibroflotation



Vibroflotation



Vibroflotation



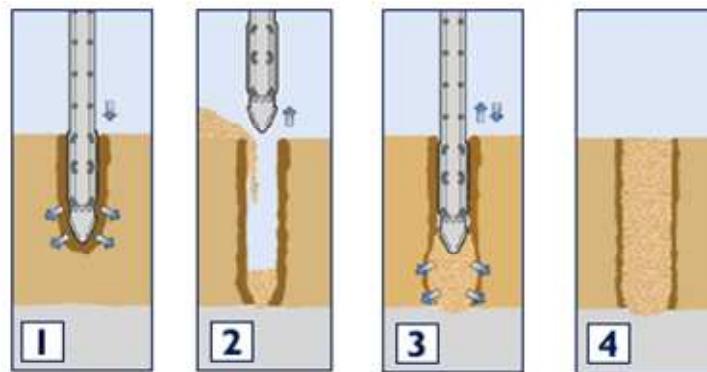
Vibroflotation



Vibroflotation



ستون‌های سنگی



ویبراتور سوراخی را در زمین ضعیف ایجاد می‌کند

سوراخ پر می‌شود

... و متراکم می‌شود

ستون سنگی کاملاً متراکم

می‌شود

۷. تراکم صحرایی

Blasting انفجار

برای متراکم کردن خاکهای درشت‌دانه



آتش بازی؟



عواقب بعدی انفجار

40

Earthmoving تجهیزات



خاکبردار بزرگ (برای مقیاس، مینیون سمت چپ را ببینید)

41

Earthmoving Equipment



گریدر برای پخش کردن خاک

42

Earthmoving Equipment



بولدوزر برای پخش کردن خاک

43

Earthmoving Equipment



لودر

44

Earthmoving Equipment



کچ بیل Backhoe

45

Earthmoving Equipment



Rock Breaker

46

سوالات

- آیا تراکم نسبی می‌تواند از ۱۰۰ درصد بیشتر شود؟
- شباهت و تفاوت **relative compaction** با چگالی نسبی **relative density** چیست؟
- غلتک پاچه‌بزی برای کوبیدن چه خاک‌هایی مناسب است؟

47