

© Ali Reza Ghanizadeh

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه صنعتی سیرجانوزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه صنعتی سیرجان

بهبودی خاک

فصل، هفتم: زهکشی و آبکشی

علی رضا غنی زاده

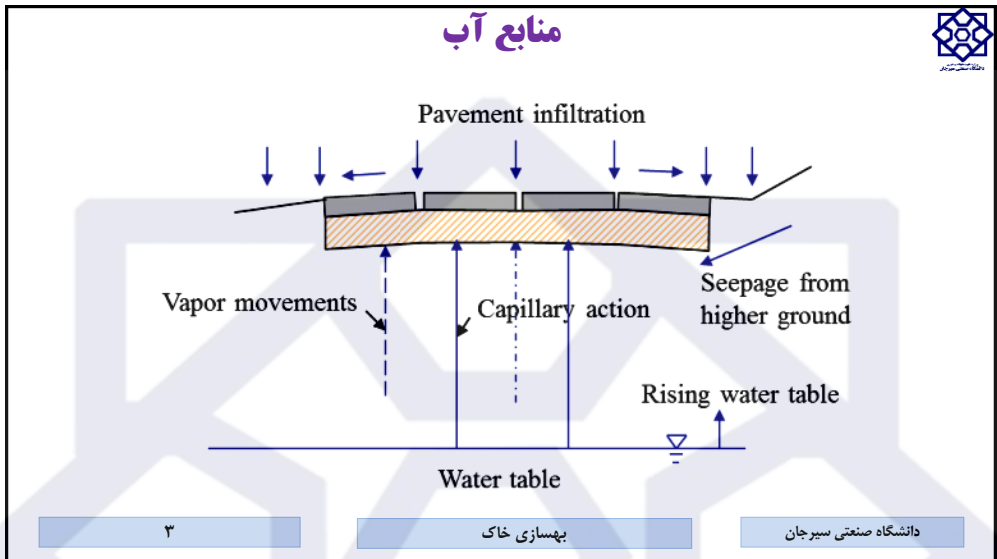
استادیار دانشگاه مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی سیرجان

منابع آب



- ✓ بارش باران
- ✓ ذوب شدن برف
- ✓ نشست از مناطق بالادست (از جمله آب سدها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها)
- ✓ بالا آمدن سفره آب زیرزمینی
- ✓ حرکت بخار آب به دلیل دما و یا رطوبت
- ✓ اختلاف حد هیدرولیکی
- ✓ پدیده موئینگی

© Ali Reza Ghanizadeh



اثرات زیان بار آب

- ✓ کاهش مقاومت و سختی مصالح
- ✓ افزایش وزن خاک
- ✓ اضافه فشار آب منفذی
- ✓ شرط لازم جهت روانگرایی
- ✓ افزایش نیروی بالا برنده
- ✓ افزایش فشار موئینگی
- ✓ افزایش فشار جانبی زمین

۴

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

اثرات زیان بار آب



- ✓ انبساط مصالح
- ✓ ریزش ناگهانی مصالح فروریزی
- ✓ فرسایش ذرات خاک و سنگ
- ✓ حرکت ذرات ریزدانه
- ✓ یخبندان
- ✓ شن زدگی رویه های آسفالتی
- ✓ ترک خوردگی دوام در بتن

۵

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

اثرات زیان بار آب



Raveling

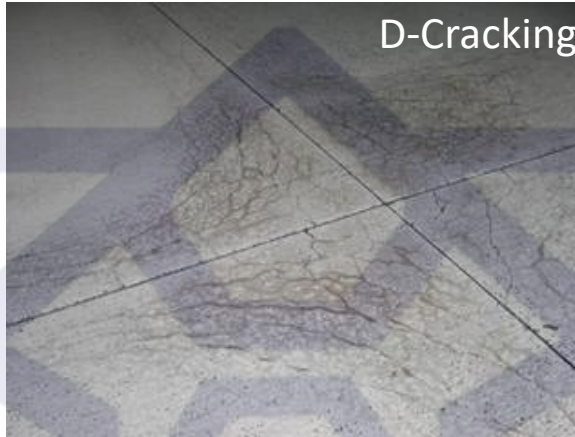
۵

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

اثرات زیان بار آب



۵

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

روش های کنترل آب



✓ زهکشی (Drainage)

✓ آبکشی (Dewatering)

✓ آببندی (Barrier)

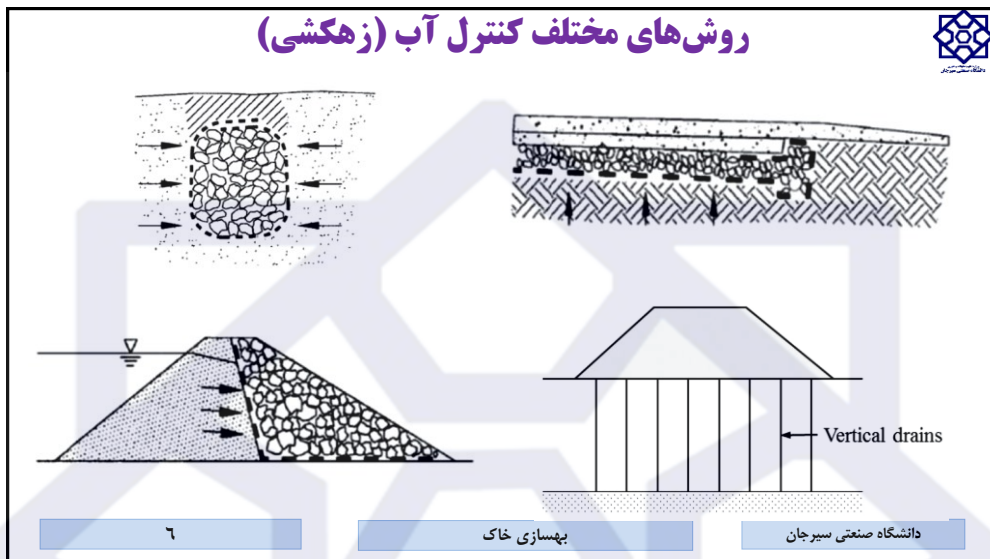
۵

بهبودی خاک

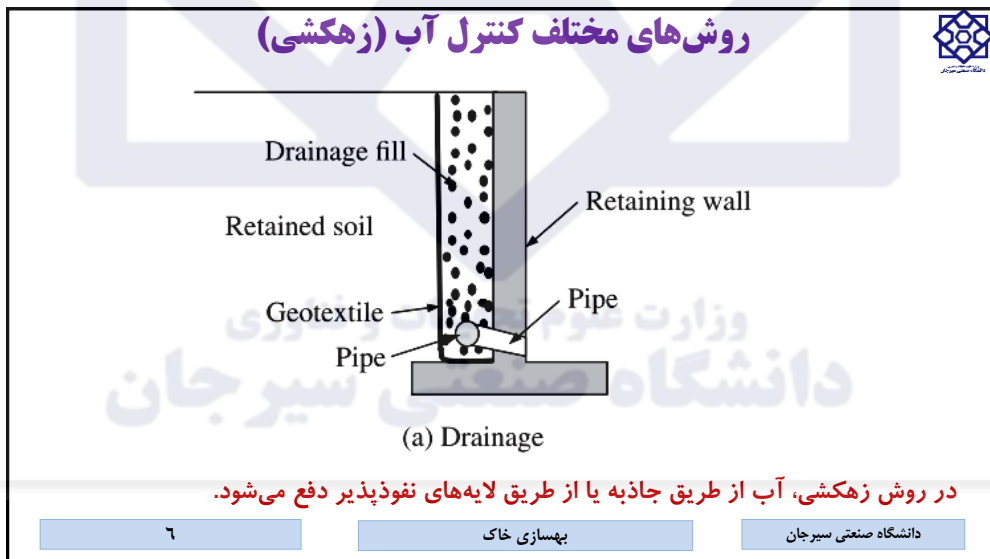
دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

روش‌های مختلف کنترل آب (زهکشی)



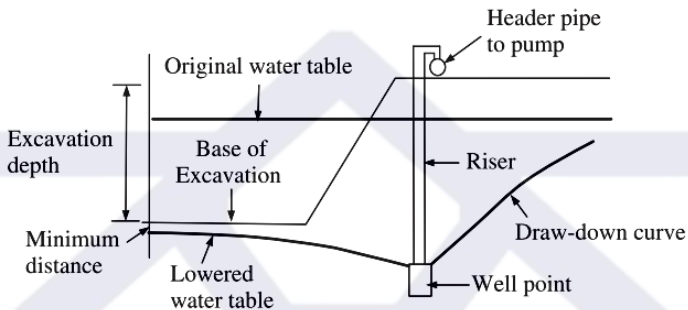
روش‌های مختلف کنترل آب (زهکشی)



در روش زهکشی، آب از طریق جاذبه یا از طریق لایه‌های نفوذپذیر دفع می‌شود.

© Ali Reza Ghanizadeh

روش‌های مختلف کنترل آب (آبکشی)



(b) Dewatering

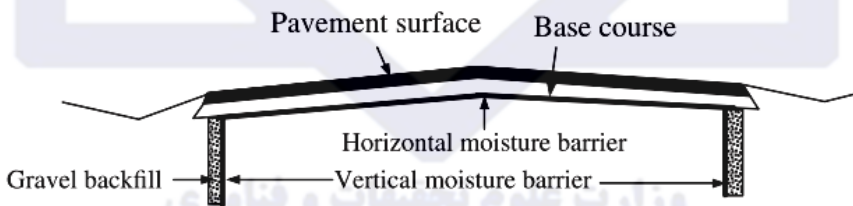
در روش آبکشی با استفاده از اختلاف فشار هد به کمک پمپ یا با استفاده از گرادیان الکتریکی به روش الکترو اسموز آب دفع می‌شود.

۷

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

روش‌های مختلف کنترل آب (آببندی)



(c) Barrier

در روش آببندی، از وارد شدن آب به مصالح توسط نصب یک پوشش رسی ژئوممبرین با نفوذپذیری کم یا اجرای دیوار آب‌بند جلوگیری می‌کند.

۸

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

آبکشی



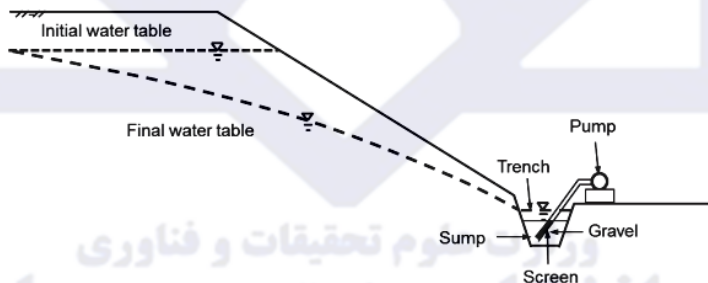
- ✓ آبکشی به منظور پایین آوردن سفره آب با استفاده از پمپاژ باز (چاله، ترانشه و پمپ)، سیستم چاه (زهکشی لوله‌ای یا چاه‌های عمیق) و روش الکترواسمز انجام می‌شود.
- ✓ اصلی‌ترین کاربرد آبکشی، برای اجرای حفاری‌ها است.
- ✓ آبکشی مربوط به حفاری عمدتاً موقت است.

۹

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

سیستم چاله، ترانشه و پمپ



- حفاری باز
- آب نسبتاً کم، وسعت ناحیه کوچک یا خاک نسبتاً نفوذناپذیر
- عمق محدود (عمدتاً ۱/۵ متر یا کمتر)
- پمپ‌های کم قدرت اغلب برای این عملیات استفاده می‌شوند.

۱۰

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

سیستم چاله، ترانسه و پمپ

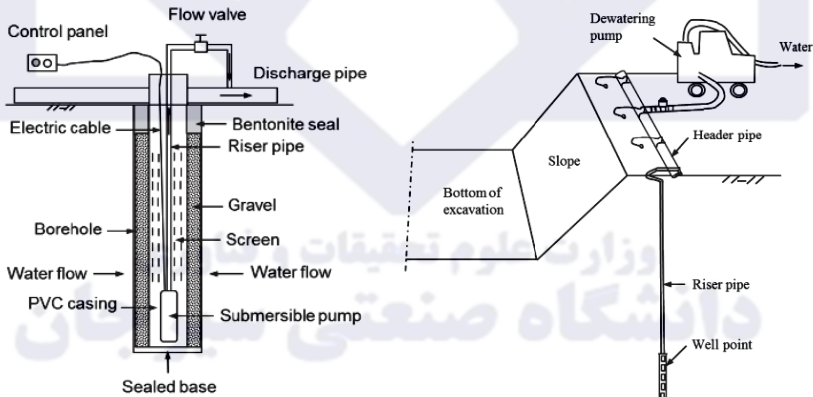


۱۰

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

سیستم چاه و اجزاء آن



سیستم چاه چند مرحله‌ای می‌تواند جداول آب زیرزمینی را بیش از ۵ الی ۶ متر کاهش دهد.

۱۱

بهبودی خاک

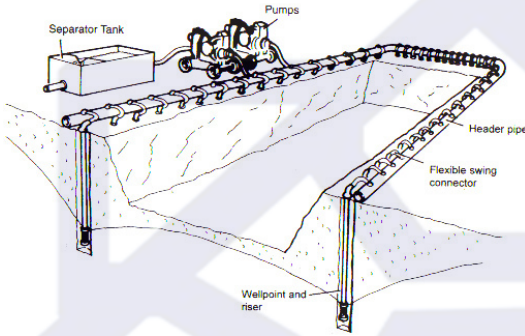
دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

سیستم چاه و اجزاء آن



Wellpoint System

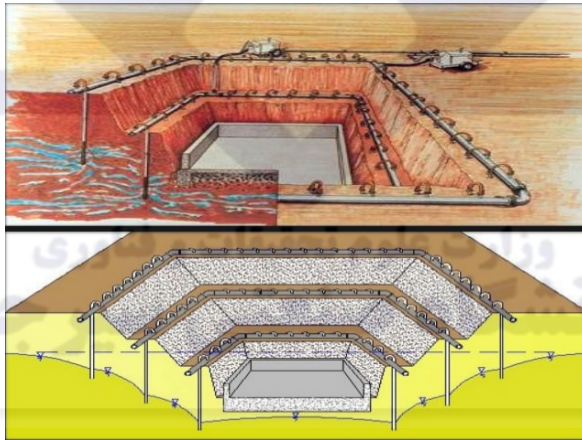


۱۱

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

سیستم چاه چند مرحله‌ای



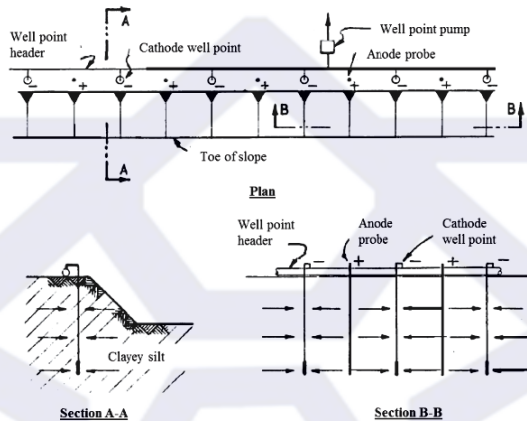
۱۱

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

آبکشی با استفاده از روش الکترواسموز



۱۲

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

آبکشی با استفاده از روش الکترواسموز



دبی چاهک کاتد می‌تواند از طریق معادله زیر محاسبه شود (Department of the Army, 1983):

$$Q_e = k_e i_e s z$$

k_e = coefficient of electro-osmotic permeability assume 0.98×10^{-4} m/s/volt/m),

i_e = electrical gradient between electrodes (volts/m)

s = effective spacing of well points (m); and

z = depth of soil being stabilized (m).

به طور معمول برای عمل الکترواسموز نیاز به ۱۵ تا ۳۰ آمپر جریان الکتریکی در هر چاه است.

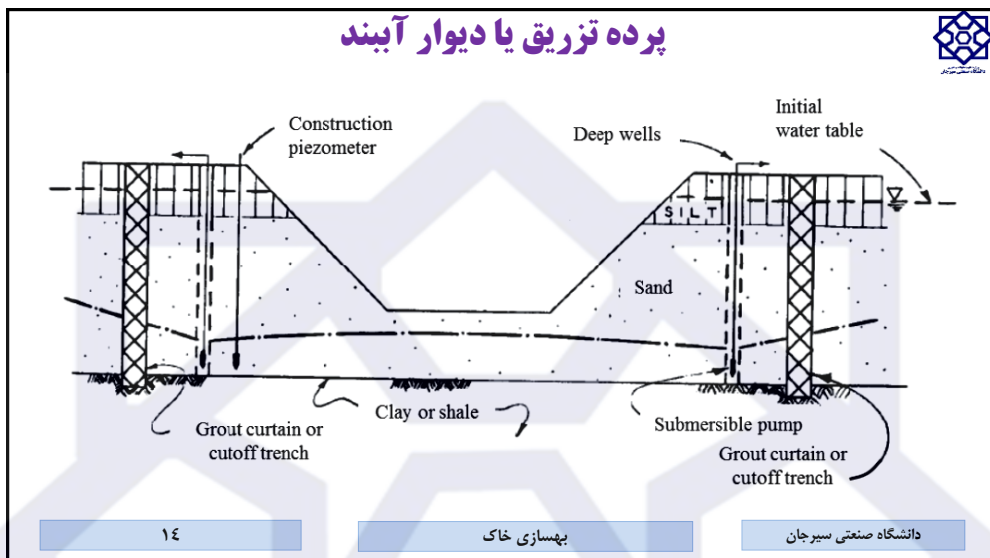
۱۳

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

پرده تزریق یا دیوار آبیند



۱۴

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

کاربرد روش های مختلف باتوجه به نوع خاک



✓ سیستم چاه برای خاک های ماسه ای مناسب است.

✓ روش الکترواسموز برای لای ها، لای های حاوی رس و ماسه های حاوی رس و لای می تواند استفاده شود. این روش برای خاک های شور (نیاز به جریان بالا) و خاک های آلی (ممکن است اثر نامطلوب زیست محیطی داشته باشد) مناسب نیست.

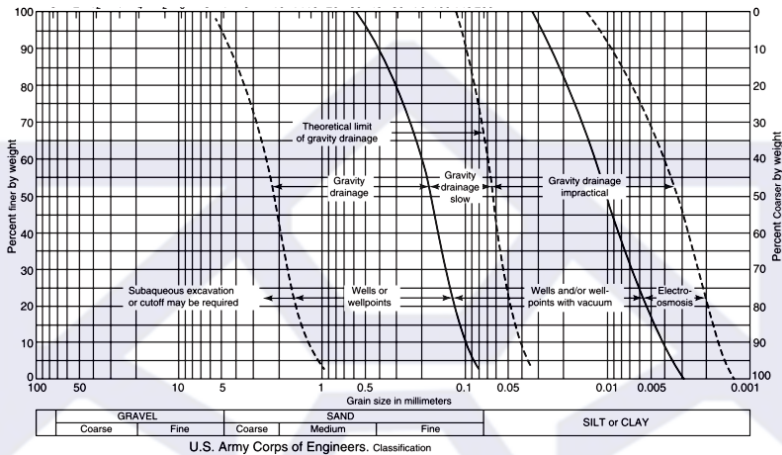
۱۵

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

کاربرد روش های مختلف باتوجه به نوع خاک



۱۶

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

روش آبگشی



Dewatering

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه صنعتی سیرجان

۱۶

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

کاربرد روش آبکشی



- ✓ آبکشی اغلب برای گودبرداری استفاده می‌شود.
- ✓ آبکشی همچنین به عنوان یک سیستم زهکشی دائمی برای سازه‌های دائمی و بزرگراه‌ها نیز استفاده می‌شود.
- ✓ آبکشی گاهی اوقات برای بهبود خواص خاک و مقاومت در برابر روانگرایی استفاده می‌شود. چن و جنسن (۲۰۱۳) گزارش دادند که با استفاده از چاه‌های دائمی پمپاژ در محوطه ساختمان، می‌توان سفره آب زیرزمینی را کاهش داد که در نتیجه خطر روانگرایی خاک کاهش می‌یابد.

۱۷

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

مغایب



- ✓ آبکشی ممکن است باعث گسیختگی، نشست و ایجاد آسیب به سازه‌های مجاور شود.
- ✓ در صورت وجود زیرساختها در اطراف گود، این روش باید با احتیاط استفاده شود.
- ✓ زهکشی نیازمند تصفیه و بازیافت آب به دست آمده است و همچنین نیاز به مصرف انرژی به صورت مداوم دارد.

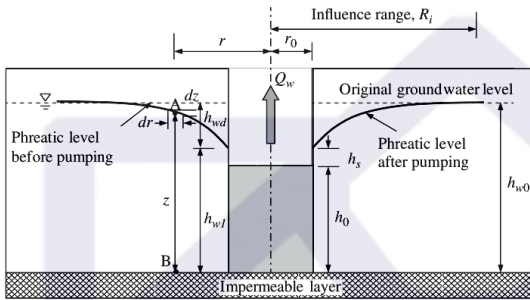
۱۸

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

اصول: جریان آب داخل چاه (شرایط محصور نشده)



(a) Unconfined

$$h_s = \frac{C(h_{w0} - h_0)^2}{h_{w0}}$$

Ollos proposed a value of $C = 0.5$ (Hausmann, 1990).

$$R_i = C'(h_{w0} - h_{w1})\sqrt{k}$$

where

- R_i = influence radius (m)
- C' = 3000 for wells or 1500–2000 for single-line well points
- h_{w0} = height of phreatic level from impermeable layer before pumping (m)
- h_{w1} = height of the phreatic level at the edge of the well after pumping (m)
- k = permeability of soil (m/s)

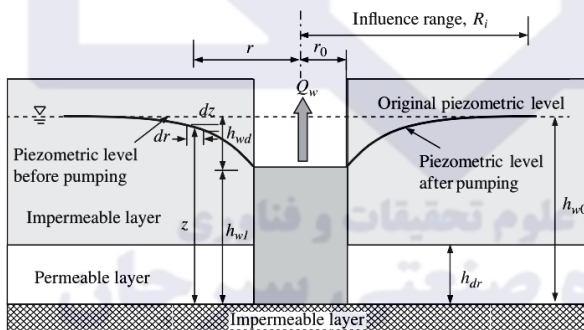
$$Q_w = \frac{\pi k(h_{w0}^2 - h_{w1}^2)}{\ln(R_i/r_0)} = 1.364k \frac{(h_{w0}^2 - h_{w1}^2)}{\log(R_i/r_0)}$$

۱۹

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

اصول جریان آب داخل چاه (شرایط محصور شده)



(b) Confined

$$Q_w = \frac{2\pi k h_{dr}(h_{w0} - h_{w1})}{\ln(R_i/r_0)} = 2.729k h_{dr} \frac{h_{w0} - h_{w1}}{\log(R_i/r_0)}$$

۲۰

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

اصول جریان آب داخل چاه



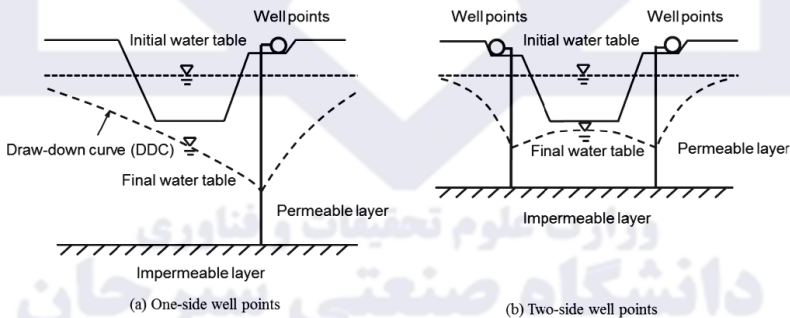
Model	Basic equation	U.S. units ^a	Metric units ^b
<p>Radial flow, confined aquifer</p>	$Q_w = \frac{2\pi KB(H - h_w)}{\ln R_o/r_w}$	$Q_w = \frac{KB(H - h_w)}{229 \ln R_o/r_w}$	$Q_w = \frac{KB(H - h_w)}{2.65 \times 10^{-4} \ln R_o/r_w}$
<p>Radial flow, water table aquifer</p>	$Q_w = \frac{\pi K(H^2 - h_w^2)}{\ln R_o/r_w}$	$Q_w = \frac{K(H^2 - h_w^2)}{458 \ln R_o/r_w}$	$Q_w = \frac{K(H^2 - h_w^2)}{5.31 \times 10^{-4} \ln R_o/r_w}$
	$Q_w = \frac{\pi K(2BH - B'^2 - h_w^2)}{\ln R_o/r_w}$	$Q_w = \frac{K(2BH - B'^2 - h_w^2)}{458 \ln R_o/r_w}$	$Q_w = \frac{K(2BH - B'^2 - h_w^2)}{5.31 \times 10^{-4} \ln R_o/r_w}$

۲۰

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

اصول: منحنی افت



برای اطمینان از اینکه حداقل آب به حفاری وارد شود، منحنی افت باید زیر سطح گودبرداری باشد.

۲۱

بهسازی خاک

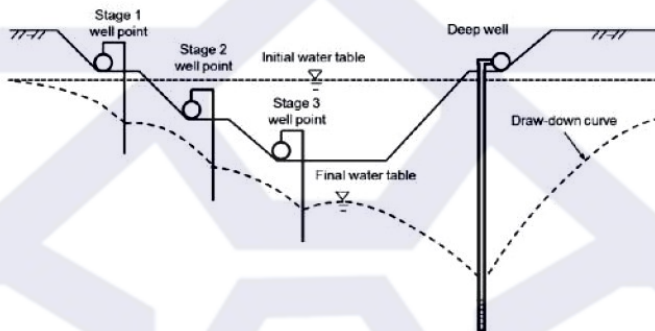
دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

اصول: منحنی افت



هنگامی که زهکشی لوله‌ای تک مرحله‌ای کافی نیست، زهکشی چند مرحله‌ای و یا چاه‌های عمیق می‌توانند برای کاهش منحنی افت استفاده شوند.



۲۲

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

طراحی: انتخاب روش



Method	Application	Guideline
Sumps and ditches	Collect water entering an excavation or structure	Generally lower water level in stable gravel or well-graded sandy gravel by 1.5 m or less.
Conventional well point system	Dewater soils that can be drained by gravity flow (gravel or sand)	Most commonly used. Drawdown limited to about 5 m per stage. May use multiple staged well points for large drawdown.
Vacuum well point system	Dewater soils with low permeability (silts)	Accelerate water flow. Vacuum effect limited to 5 m.
Jet-educter well point system	Dewater soils that can be drained by gravity flow. Usually for large, deep excavations where large flow is required	Lower water table as much as 30 m from top of excavation. Particularly suitable for dewatering shafts and tunnels. Require two header pipes and two riser pipes or a pipe within a pipe.
Deep well system	Dewater soils that can be drained by gravity flow. Usually for large, deep excavations where large flow is required	Installed around periphery of excavation. Suitable for dewatering shafts and tunnels
Electroosmosis	Dewater soils that cannot be drained by gravity flow (silts, clayey silts and sands)	Direct electrical current increases hydraulic gradient causing flow.

Source: Modified from Department of the Army, 1983.

۲۳

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

طراحی: عمق زهکشی

سطح آب باید حداقل بین ۱/۵-۰/۵ متر پایین تر از کف حفاری باشد.

۲۵

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

طراحی: چاهای چندگانه

چاهای چندگانه به صورت تصادفی:

$$Q_w = \frac{\pi k(h_{w0}^2 - z^2)}{\ln R_i - (1/N_w) \ln(x_1 x_2 \dots x_{N_w})}$$

Multiwells in a random arrangement.

ترتیب دایره‌ای چاه‌ها:

$$Q_w = \frac{\pi k(h_{w0}^2 - z^2)}{\ln R_i - \ln a_w}$$

Multiwells in a circular arrangement.

۲۶

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

طراحی: عمق نفوذ چاه



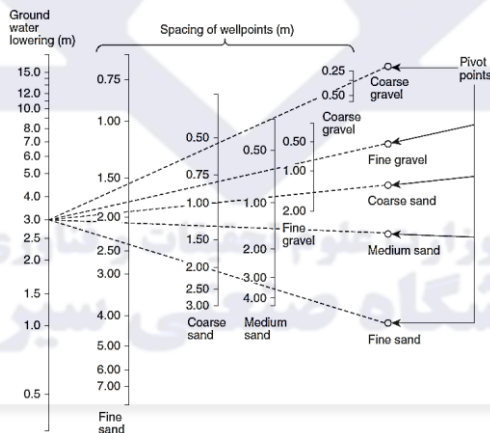
- ✓ روابط بیان شده در حالتی قابل استفاده هستند که عمق چاه به قدری زیاد باشد که به لایه نفوذ ناپذیر برسد.
- ✓ در عمل، چاهها تا عمق محدود حفر می‌شوند و به لایه نفوذ ناپذیر نمی‌رسند. به این گونه چاهها، چاههای با نفوذ جزئی گفته می‌شود.
- ✓ نرخ جریان آب، Q_w ، برای چاههای با نفوذ جزئی حدود ۳۰-۱۰ درصد بیشتر از چاههای با نفوذ کامل است (Hausmann, 1990).

۲۷

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

طراحی: فاصله بین نقاط چاهها در شن و ماسه تمیز و یکنواخت



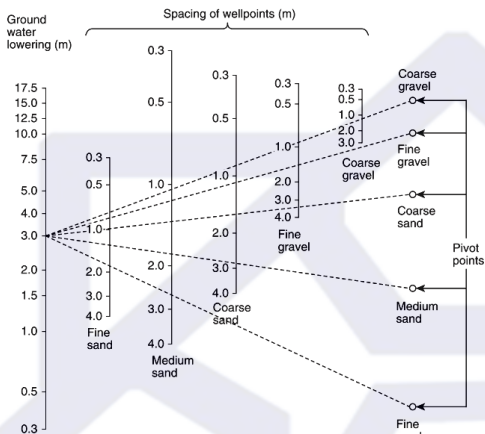
۲۸

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

طراحی: فاصله بین نقاط چاه‌ها در خاک‌های لایه‌بندی شده



در زمین با لایه‌های طبقه‌بندی شده، طراحی باید بر اساس لایه‌های قابل نفوذ باشد تا محافظه کارانه باشد.

۲۹

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

طراحی: فاصله چاه‌های عمیق



- ✓ فاصله بین چاه‌های عمیق مورد نیاز برابر است با محیط گودبرداری تقسیم بر تعداد چاه‌ها مورد نیاز.
- ✓ سیچارت (۱۹۲۸) توصیه می‌کند که فاصله بین چاه‌های عمیق تقریباً ۳۲ برابر شعاع چاه باشد.

۳۰

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

طراحی: اندازه پمپ و اندازه لوله



Pump Size (mm)	Minimum Well Size (mm)	Approximate Maximum Discharge Capacity (m ³ /min)
102	127	0.3
143	152	0.6
152	203	1.7
203	254	2.3
254	305	4.5
305	356	6.8
356	406	9.1
406	457	11.4

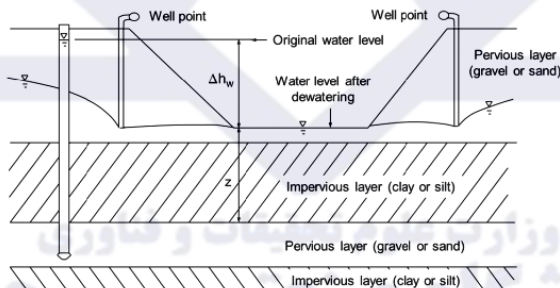
Source: Mansur and Kaufman (1962).

۳۱

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

طراحی: پایداری کف گود



$$\gamma z > \gamma_w (\Delta h_w + z)$$

- γ = unit weight of the soil above the sand layer
- z = thickness of the soil layer above the sand layer
- Δh_w = original water head above the bottom of the excavation

۳۲

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

طراحی: پارامترهای طراحی



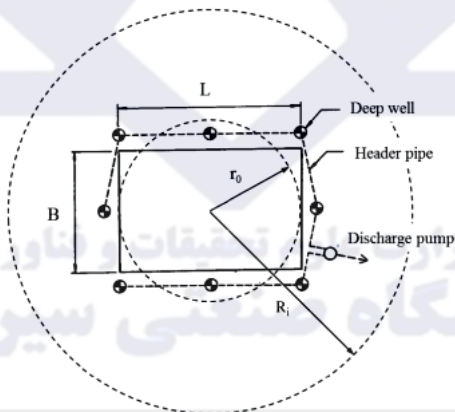
- ✓ ابعاد گودبرداری (شکل، ابعاد طرح و عمق)
- ✓ شرایط خاک (مشخصات خاک، نوع و نفوذپذیری، شرایط محصورشده و محصورنشده)
- ✓ عمق کاهش سطح آب
- ✓ تعداد مراحل برای چاه‌های نقطه‌ای
- ✓ تعداد چاه‌های نقطه‌ای یا چاه‌های عمیق
- ✓ فاصله چاه‌های نقطه‌ای یا چاه‌های عمیق
- ✓ شعاع چاه
- ✓ اندازه پمپ

۳۳

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

طراحی: روند طراحی



۳۴

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان



طراحی: روند طراحی

1. محاسبه شعاع حفاری معادل r_0 طبق رابطه زیر:

$$r_0 = \sqrt{\frac{LB}{\pi}}$$

2. بر اساس ارتفاع مورد نیاز سطح آب در مرکز حفاری پس از پمپاژ، h_{m1} ، شعاع نفوذ، R_i ، می‌تواند بر اساس معادله زیر تعیین شود:

$$R_i = C'(h_{w0} - h_{w1})\sqrt{k}$$

3. بسته به اینکه آیا شرایط محصورنشده یا محصورشده است، دبی پمپاژ مورد نیاز، Q_w ، را محاسبه نمایید.

۳۵

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان



طراحی: روند طراحی

4. بر اساس دبی پمپاژ هر چاه، Q_{w1} ، تعداد چاه‌ها را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$N_w \geq \frac{Q_w}{Q_{w1}}$$

5. بر اساس تعداد چاه‌ها، آن‌ها را در اطراف محوطه حفاری به صورت یکنواخت قرار دهید.

6. بر اساس آرایش چاه‌ها و دبی زهکشی کل، $Q_w = N_w Q_{w1}$ ، سطح آب را پس از زهکشی کنترل نمایید.

7. پمپ و اندازه لوله زهکشی را انتخاب کنید.

۳۶

بهبودی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

© Ali Reza Ghanizadeh

طراحی: چاهای چندگانه

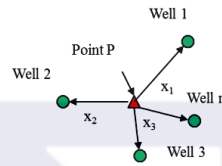


چاهای چندگانه به صورت تصادفی:

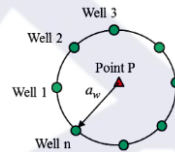
$$Q_w = \frac{\pi k(h_{w0}^2 - z^2)}{\ln R_i - (1/N_w) \ln(x_1 x_2 \cdots x_{N_w})}$$

ترتیب دایره‌ای چاه‌ها:

$$Q_w = \frac{\pi k(h_{w0}^2 - z^2)}{\ln R_i - \ln a_w}$$



Multiwells in a random arrangement.



Multiwells in a circular arrangement.

۳۶

بهسازی خاک

دانشگاه صنعتی سیرجان

وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه صنعتی سیرجان