

فصل اول: خواص فیزیکی خاک

در فرآیند باطله برداری و یا استخراج مواد معدنی عملیات زیر انجام می‌شود:

چالزنی، خرج گذاری، آتشباری، بارگیری، حمل، خردایش و ...

در این فرآیند به علت بوجود آمدن فضای خالی بین ذرات خاک، حجم مواد استخراجی افزایش می‌یابد که به آن تورم خاک می‌گویند. عبارت خاک در این تعریف شامل باطله، ماده معدنی، مواد مصنوعی و غیره می‌باشد که در این فرآیند استخراج می‌شود.

از آنجا که در ضمن تورم خاک، جرم خاک تغییر نمی‌کند، لذا با افزایش حجم خاک جرم حجمی آن کاهش می‌یابد. یعنی داریم:

$$\left. \begin{array}{l} D_B = \frac{m}{V_B} \\ D_L = \frac{m}{V_L} \\ V_B < V_L \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{m}{D_B} < \frac{m}{D_L} \Rightarrow \frac{1}{D_B} < \frac{1}{D_L} \Rightarrow D_B > D_L$$

در این رابطه لازم به ذکر است که تغییر جرم حجمی خاک فقط به جرم حجمی ظاهری خاک مربوط می‌شود و جرم حجمی کانی‌های تشکیل دهنده خاک تغییری نمی‌کند.

۱- ضریب تورم:

نسبت حجم خاک پس از استخراج به حجم خاک قبل از استخراج را ضریب تورم گویند. این ضریب با علامت SF نشان داده می‌شود. روابط مورد استفاده برای محاسبه آن به شرح زیر می‌باشند:

$$SF = \frac{V_L}{V_B} \quad (1)$$

$$SF = \frac{D_B}{D_L} = \frac{\gamma_B}{\gamma_L} = \frac{G_B}{G_L} \quad (2)$$

که در آن SF ضریب تورم، V حجم خاک، D جرم حجمی و γ وزن حجمی و اندیس‌های L و B برای نشان دادن حالت جابجا شده^۲ و درجا^۳ به کار گرفته شده است.

ضریب تورم خاک عددی است بزرگتر از واحد که معمولاً از ۱/۷ کوچکتر است. این ضریب را با علامت‌های F_S ، F_S و یا SF نیز نشان می‌دهند.

مثال ۱: در یک معدن روباز روزانه ۸۰ هزار متر مکعب (درجا) باطله استخراج می‌شود. چه مدت طول می‌کشد تا محل انباشت باطله که یکصد میلیون متر مکعب ظرفیت دارد پر شود؟ ضریب تورم مواد ۱/۲ است.

^۱ Swell factor (loosening ratio).

^۲ Loose.

^۳ Bank.

حل:

$$V_L = SF \times V_B = 1.2 \times 80000$$

$$V_L = 96000 m^3 (L)$$

$$n = \frac{100000000}{96000} \Rightarrow n = 1041 \text{ days}$$

مثال ۲: در یک معدن روباز، ۲۰ دستگاه کامیون در حال کار می‌باشند که هر یک روزانه یکصد بار باطله در سد انباشت باطله تخلیه می‌کنند. با فرض اینکه هر یک از کامیون‌ها ظرفیت ۲۵ متر مکعب داشته باشند و ضریب تورم مواد ۱/۳ باشد، عمر سد انباشت را بر حسب روز حساب کنید. ظرفیت سد انباشت پنجاه میلیون متر مکعب است.

حل:

$$V_L = 20 \times 25 \times 100 = 50000 m^3 (L)$$

$$n = \frac{50000000}{50000} \Rightarrow n = 1000 \text{ days}$$

مثال ۳: در یک معدن روزانه ۴۰ هزار تن سنگ (درجا) با ضریب تورم ۱/۳ استخراج می‌شود. چه مدت طول می‌کشد تا یک سد انباشت باطله به ظرفیت ۴۰ میلیون تن پر شود؟

حل:

$$n = \frac{40000000}{40000} = 1000 \text{ days}$$

۲- ضریب بار^۱:

نسبت حجم خاک قبل از استخراج به حجم خاک پس از استخراج را ضریب بار گویند. برای محاسبه این ضریب از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$LF = \frac{1}{SF} = \frac{V_B}{V_L}$$

که در آن LF ضریب بار می‌باشد. به این ترتیب با معکوس کردن روابطی که برای ضریب تورم خاک ارائه شده بود می‌توان به روابط جدیدی برای محاسبه ضریب بار دست یافت. ضریب بار عددی است کوچکتر از یک که به ندرت از ۰/۶ کوچکتر می‌شود. این ضریب را با علامت‌های FL ، F_L و یا L_F نیز نشان می‌دهند.

۳- درصد تورم:

نسبت افزایش حجم خاک در زمان استخراج به حجم اولیه آن را درصد تورم گویند. رابطه زیر به این منظور استفاده می‌شود:

^۱Load factor.

$$SW = \frac{V_L - V_B}{V_B} = \frac{\Delta V}{V_B} \quad (3)$$

ممکن است درصد تورم بجای اعشار با درصد بیان شود. در این حالت از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\%SW = \frac{V_L - V_B}{V_B} \times 100 = \frac{\Delta V}{V_B} \times 100$$

درصد تورم خاک عددی است بزرگتر از صفر که معمولاً از ۰/۷ کوچکتر است.

با اندکی تغییر در رابطه فوق می‌توان روابط مفید و ساده‌ای برای محاسبه درصد تورم یافت. یکی از این روابط در زیر آمده است:

$$SW = \frac{V_L - V_B}{V_B} = \frac{V_L}{V_B} - \frac{V_B}{V_B} = SF - 1$$

۴- ضریب پر شوندگی جام^۱:

در حالتی که یک ماشین بارگیری و یا حمل در حال انجام عملیات بارگیری و یا حمل است، نسبت حجم خاک موجود در داخل جام ماشین به حجم اسمی جام (که معمولاً در کاتالوگ ماشین درج می‌شود و با علامت BC نشان داده می‌شود) را ضریب پر شوندگی جام نامند. این ضریب که با عنوان راندمان جام نیز شناخته می‌شود ممکن است عددی کوچکتر یا بزرگتر از یک باشد که با علامت FF نشان داده می‌شود. گاهی ضریب پر شوندگی جام را با F_f نیز نشان می‌دهند.

عوامل موثر بر ضریب پر شوندگی جام عبارتند از:

- مهارت اپراتور
- شرایط ماده معدنی (مانند جرم حجمی، رطوبت، دانه‌بندی، مقاومت فشاری، خردشدگی و ...)
- شرایط بارگیری (مانند ارتفاع جبهه کار، شیب دیواره، وضعیت کف و ...)
- شرایط محیطی (مانند دما، رطوبت هوا، شرایط دید و ...)
- شرایط مدیریت
- وضعیت ماشین
- عوامل متفرقه

در صورتی که در مسائل امتحانی مقدار راندمان جام ذکر نشود، مقدار آن واحد فرض شود و از فرض اعداد دیگر خودداری فرمایید. این پیش فرض برای تمام پارامترهایی که معنی آنها راندمان است صادق است (مانند راندمان ماشین و مانند آن).

۵- ضریب جام^۲:

حاصل ضرب ضریب بار در ضریب پر شوندگی را ضریب جام نامند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$BF = FF \times LF = \frac{FF}{SF} \quad (4)$$

که در آن BF ضریب جام می‌باشد.

ضریب جام ممکن است عددی کوچکتر از یک، بزرگتر از یک و یا برابر واحد باشد.

در رابطه با پارامترهای ذکر شده در بالا بطور خلاصه می‌توان گفت:

^۱Fill factor (Bucket fill factor).

^۲Bucket factor.

حالت ۱: مقدار خاک	تئوری	بصورت جابجا شده	$Bc =$
حالت ۲: مقدار خاک	واقعی	بصورت جابجا شده	$Bc \times FF =$
حالت ۳: مقدار خاک	تئوری	بصورت درجا	$Bc \times LF =$
مقدار خاک	تئوری	بصورت درجا	$\frac{Bc}{SF} =$
حالت ۴: مقدار خاک	واقعی	بصورت درجا	$Bc \times FF \times LF =$
مقدار خاک	واقعی	بصورت درجا	$Bc \times \frac{FF}{SF} =$
مقدار خاک	واقعی	بصورت درجا	$Bc \times BF =$

چند مثال:

شماره سوال	داده‌های ورودی	پارامترهای مورد نیاز
۱	$V_B=25\ 000\ 000\ m^3$ $SF=1.11$ $D_B=2.8\ t/m^3$	$V_L, D_L, LF, \%SW$
۲	$V_L=1\ 000\ 000\ m^3$ $SF=1.3$ $D_L=2400\ Kg/m^3$	$V_B, D_B, LF, \%SW$
۳	$\%SW=20$ $D_B=2.9\ ton/m^3$	$D_L\ (t/m^3)$

۴- منطقه‌ای به وسعت $50 \times 12 \times 10$ متر می‌بایست استخراج شود. حجم خاک مورد نظر پس از استخراج چند متر مکعب خواهد شد. ضریب تورم مواد $1/2$ است.

۵- جرم حجمی خاک منطقه‌ای $2/6$ تن بر متر مکعب در حالت درجا است. اگر جرم حجمی خاک پس از استخراج $2/3$ تن بر متر مکعب باشد ضرایب تورمی خاک را محاسبه کنید.

۶- مقدار 200000 متر مکعب خاک درجا با جرم حجمی $1/9$ تن بر متر مکعب می‌بایست استخراج شود. اگر جرم حجمی خاک پس از استخراج $1/3$ تن بر متر مکعب شود، حجم خاک را پس از استخراج تعیین کنید.

۷- یک ماشین بارگیری معدن دارای جام 8 متر مکعب (اسمی) است. اگر راندمان جام این ماشین $0/9$ بوده و خاک پس از استخراج 18 درصد تورم پیدا کند. تعیین کنید در هر دفعه بارگیری، این ماشین:

الف) از نظر تئوری چند متر مکعب خاک جابجا شده را بارگیری کرده است؟

ب) واقعاً چند متر مکعب خاک جابجا شده را بارگیری کرده است؟

ج) از نظر تئوری چند متر مکعب خاک درجا را بارگیری کرده است؟

د) واقعاً چند متر مکعب خاک درجا را بارگیری کرده است؟

ه) اعداد فوق را بر حسب یارد مکعب نیز بیان کنید.