

硬質岩盤のせん断破壊基準に関する研究

東海旅客鉄道株式会社 正会員 伊藤 雄郷

名古屋工業大学 正会員 長谷部 宣男

中部電力 正会員 上田 念 佐藤 正俊

1. はじめに

前述の研究¹⁾により，原位置一面せん断試験より得られるせん断応力とせん断方向変位の関係は以下の理論式で表すことが出来る．この式から任意の初期鉛直応力 N でのせん断変位挙動を求めることが出来る(図1)．

$$\begin{aligned} x &= \frac{a(\kappa+1)}{G} \left\{ \mu \alpha_1 \tau^n \sigma^m + (\beta_1 \tau^l + \beta_2) \tau \right\} \\ &\equiv A \tau^n \sigma^m + C \tau^{l+1} + D \tau \\ &= A \tau^n (N + \tau \tan \theta)^m + C \tau^{l+1} + D \tau \end{aligned} \quad (1)$$

しかし，試験の目的であるせん断強度を算定するには破壊基準が必要である．原位置一面せん断試験の従来の整理方法では垂直応力せん断応力平面における直線で近似された破壊基準を用いるのが一般的で，その破壊基準から求められるせん断応力切片，純せん断強度 τ_0 は，これまで求められた膨大な試験結果から見て少し低めに評価されてしまうことが分かっている．本研究では，せん断応力せん断方向変位平面における変位破壊基準を提案し，変位挙動の解析を用いた破壊基準を導く．

2. 破壊基準

前述したとおり，従来の原位置一面せん断試験の整理方法では，Mohr-Coulomb の理論より，試験から得られた破壊点(せん断応力 τ_p ，垂直応力 σ_p)を直線近似することにより次式の形で破壊包絡線を与え，得られた係数 τ_0 ， $\tan \phi$ をその岩盤が持つせん断強度に対する特性値としている．

$$\tau_p = \tau_0 + \sigma_p \tan \phi \quad (2)$$

しかし，硬質岩盤は強固な岩石に節理などの不連続面が内在する不連続性物体であり，土質力学における Mohr-Coulomb のせん断強度の算定式を用いることには明らかに無理がある．そこで市川・長谷

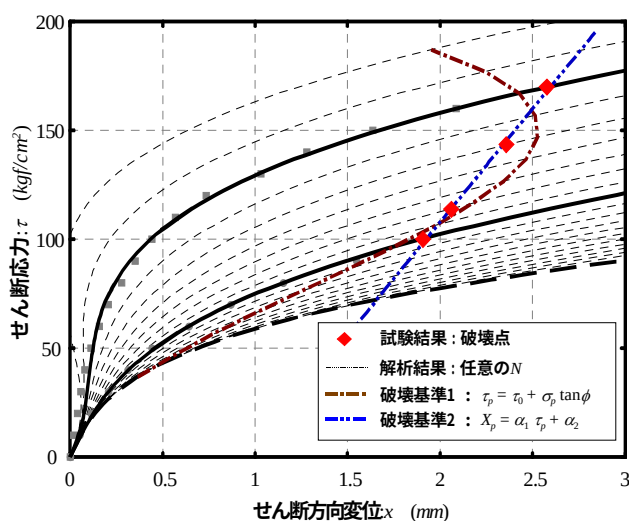


図1 せん断応力せん断変位

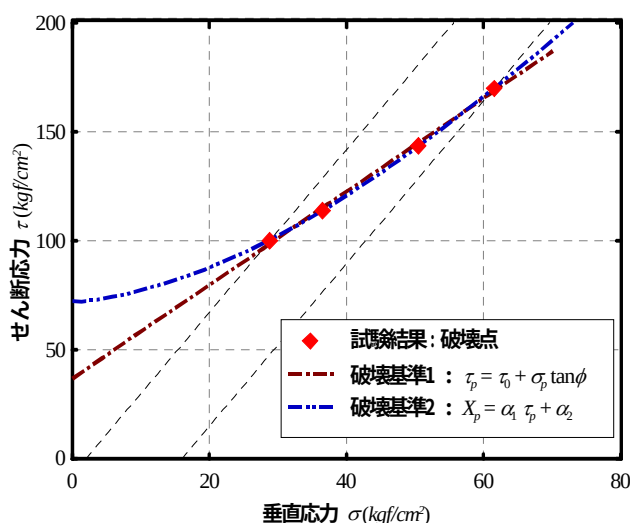


図2 せん断面に働く応力状態と破壊基準

キーワード 硬質岩盤 せん断試験 せん断強度 破壊点 モール・クーロン

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL&FAX 052-735-5482

部等は破壊基準を従来の様にせん断面に働く応力状態で考えるのではなく、せん断変位で破壊基準となる破壊変位を与えることを提案した²⁾。多くの地点の試験結果より、図1に示すように鉛直応力の違いによってせん断破壊変位はある程度直線的に変化することが分かってきているため、破壊変位 x_p とせん断破壊応力 τ_p の関係を次式でおく。これを破壊基準2と呼ぶことにする。

$$x_p = \alpha_1 + \alpha_2 \tau_p \quad (3)$$

ここで α_1 , α_2 は試験結果より得られた破壊点の値より最小二乗近似により求められる係数である。ちなみに式(2)の破壊基準を式(1)によりせん断応力せん断変位図(図1)上で表すと一点鎖線の曲線が得られ、物理的に明らかにおかしい。しかし、過去に行われた膨大な試験結果の蓄積においては、変位計測結果はあまり残されていない。そこで、実用的で簡易な新しい破壊基準として、次にせん断面の応力状態であるせん断応力 τ 、垂直応力 σ の関係において、せん断破壊点のみから求められる式を提案する。

式(3)によって定義された破壊基準は、式(3)と式(1)より変位 x を消去すると、せん断面の応力状態 τ , σ の関係として次式で表される。

$$A\sigma_p^m \tau_p^n + C\tau_p^{l+1} + (D - \alpha_1)\tau_p - \alpha_2 = 0 \quad (4)$$

図2の破壊基準2の曲線になる。せん断応力-変位曲線が不明なとき、次式(破壊基準3)を提案する。

$$\tau_p = \tau_0 + q\sigma_p^k \quad (5)$$

ここで τ_0 , q , k は図2でのせん断破壊点(試験結果)を用いて、最小2乗法によって決められる値である。式(5)は式(4)の解とも考えられる。図2に示される破壊基準2から求められた曲線に合うように最小2乗法で式(5)の係数 τ_0 , q , k を決めると、図2に示される破壊基準2と変わらない、せん断破壊点によく合う曲線が決められる。こうして決めた q と k の値の間に図3のような関係があることも分かった。この曲線を表す式を $h(k)$ とし、式(5)を変形する。

$$\tau_p = \tau_0 + h(k)\sigma_p^k \quad (6)$$

この式の τ_0 と q の値をせん断破壊点の値を用いて最小2乗法で決めたものを図4に示す。

3. まとめ

せん断変形挙動の理論式を用いてできた破壊基準2に対して、より実用的な硬質岩盤のせん断強度を表す式として破壊基準3(式(5), (6))を提案した。これにより、せん断破壊点の値のみで簡単にせん断強度の整理し、破壊包絡線を決めることができる。

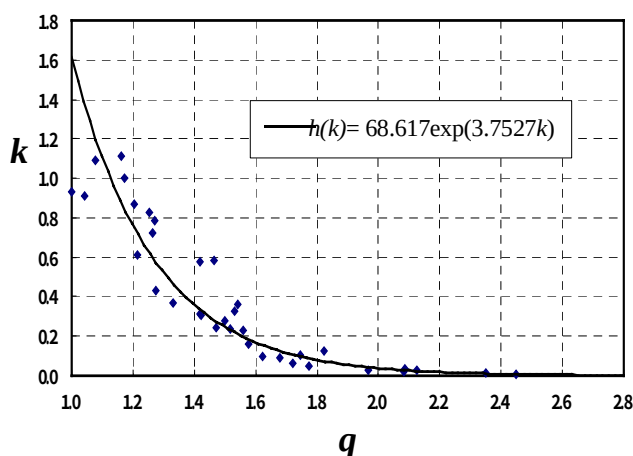


図3 k と q の関係

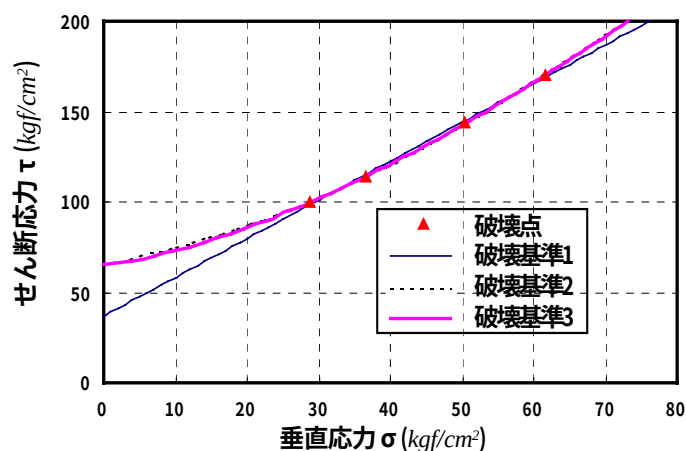


図4 せん断面に働く応力状態と破壊基準

参考文献

- ¹⁾ 長谷部・伊藤等 硬質岩盤のせん断強度とその変形特性に関する研究 土木学会第58回年次学術講演会概要集第III部
- ²⁾ 市川・長谷部等 土木学会第57回年次学術講演会概要集 第III部 2002, pp.923-926