

岩盤不連続面の Roughness と力学的特性

京都大学工学部 工博 正会員 畠 昭治郎
 京都大学工学部 工博 正会員 谷本 親伯
 京都大学工学部 学生員 松田 均

1. はじめに

原位置での岩盤のせん断強度は、不連続面の存在に強く影響される。しかし、不連続面とそれに沿ったせん断強度との関係はどのような要因に支配されているか、まだはっきりわかっていない。

本研究では、数ミリ程度の幅を持つ不連続面上の Roughness が、せん断強度に与える影響に注目し、モデル化した Roughness を有する不連続面の入った供試体を用いて三軸圧縮試験を行い、両者の関係について考察した。

また、得られた実験結果と、BartonやLadanyi らの考案した式から得られた値とを比較し、これらの式の有効性について考察した。

2. 実験

実験に用いた供試体は、直径5cm、高さ10cmのモルタル製円柱である。図-1は供試体内の不連続面の入り方を示している。平均的な不連続面は水平面に対し、 60° の角度を持っている。Aには、不連続面が入っていない。Bには、Roughness を持たない不連続面が入っている。図中のように平均面と Roughness の角度を i とすれば、C,D,E は、それぞれ $i=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ の角度を持つ。また、C,D,E については Roughness の最大辺長を L とおくと $L=2, 4, 6\text{mm}$ という長さのものを用意した。

三軸圧縮試験における拘束圧は、0, 20, 40, 60, 80, 100 MPa とした。

3. 考察

三軸圧縮試験より、拘束圧を変化させて得られる平均不連続面上での応力状態は、最小二乗法によって直線近似を行った。これらの結果は、図-2, 3, 4, 5の直線で示される。また図より粘着力 C と摩擦角 ϕ を求めたのが表-1である。図-2, 3, 4から最大せん断時では i が増加すると

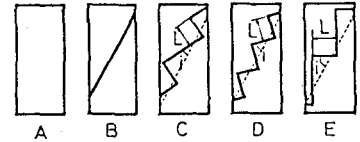


図-1 実験供試体

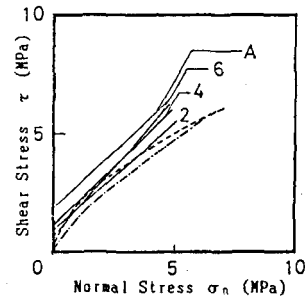


図-2 最大せん断時でのタイプCの応力状態

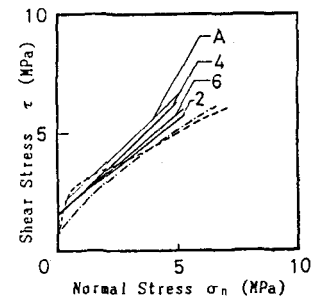


図-3 最大せん断時でのタイプCの応力状態

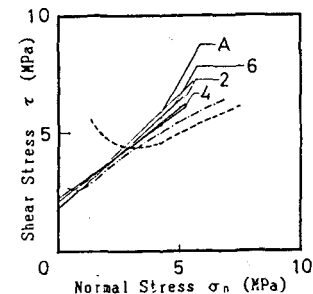


図-4 最大せん断時でのタイプCの応力状態

Shojiro HATA, Chikaosa TANIMOTO, Hitoshi MATSUDA

Cは増加し、これに対してLはCにも ϕ にも影響を与えないといえる。またiの増加とともにC、 ϕ の値がタイプAの値に近づいている。

残留状態については図-5にみられるようにiの増減によるC、 ϕ の変化がみられないのに対しどのタイプでもLによるC、 ϕ の変化がみられる。

次に従来から考案されたせん断強度式としてBarton式

$$\tau_p = \sigma_n \tan \{ JRC \log_{10}(\sigma_j/\sigma_n) + \phi_b \} \quad (1)$$
とLadanyi 式

$$\tau = \frac{\sigma_n(1-a_s)(\dot{v} + \tan \phi_b) + a_s \tau_r}{1 - (1-a_s)\dot{v} \tan \phi_b} \quad (2)$$

を用いて実験結果との比較を行った。(1)式のJRCとは不連続面上のRoughnessを表す係数である。これは簡単な試験を行って求めることができ、 $i=30^\circ$ においてはJRC=6.8、 $i=45^\circ$ では10.2、 $i=60^\circ$ では13.6となった。(2)式における a_s はせん断面積、 $\dot{v}$ は膨張率に関するもので理論的に求められ、特に $\dot{v}$ はiの関数として表される。

図-6,7はRoughnessの違いによる各式の変化の特徴を表したものである。これによると、Barton, Ladanyi 両式ともにRoughnessの大きい場合の低垂直応力での値においては非常に大きなせん断強度を持つ。また垂直応力が高くなるにつれて、Roughnessによるせん断強度の違いがBarton式に比べ極度に小さくなる。

図-2,3,4では、Barton, Ladanyi 式と実験結果の比較を行った。それぞれのタイプにおけるJRC、 $\dot{v}$ を持ったBarton式、Ladanyi 式を前者は一点鎖線、後者は破線で示してある。これによるとRoughnessの小さい場合は比較的Ladanyi 式がよく一致し、Barton式はやや小さい値をとるが、Roughnessが高くなるにつれて、Barton式の方がよくあい、Ladanyi 式は大きくずれる傾向がある。特に $i=60^\circ$ では、低垂直応力時のずれが大きい。

これらのことから、従来の式においても適応範囲には充分な注意が必要である。

4. 参考文献

- 三木 幸蔵「わかりやすい岩石と岩盤の知識」1984 鹿島出版会 pp97-107
 N.Barton, V.Choubey「The Shear Strength of Rock Joint in Theory and Practice」Rock Mechanics 10 1976 ppl-54
 E.Hoek, J.Abray 小野寺 透, 吉中 龍之進訳「岩盤斜面工学」1979 朝倉書店 pp67-73

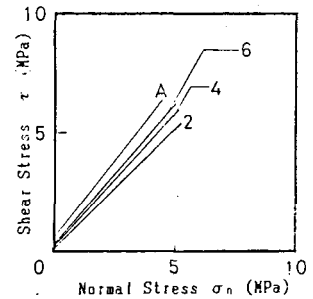


図-5 残留時での応力状態

表-1 各タイプのCと ϕ

		PEAK		RESIDUAL	
		C(MPa)	$\phi(^{\circ})$	C(MPa)	$\phi(^{\circ})$
A		1.75	43.5	0.60	52.5
C	2	0.96	42.1	0.18	44.2
C	4	1.11	45.6	0.24	47.8
C	6	0.65	48.7	0.27	49.0
D	2	1.45	39.2	0.09	44.3
D	4	1.38	44.7	0.26	45.4
D	6	1.55	40.1	0.36	47.6
E	2	2.04	38.8	0.43	38.5
E	4	2.20	36.5	0.41	44.0
E	6	1.77	42.9	0.29	45.4

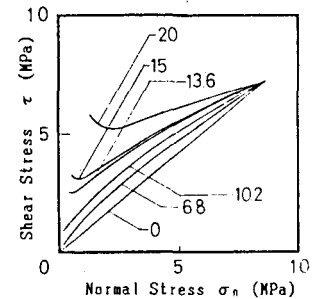


図-6 各JRCのBarton式の結果

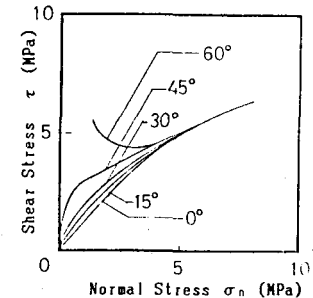


図-7 各iのLadanyi式の結果