

III-261 粗い不連続面に対するロックボルトの補強効果

埼玉大学 正員 吉中 龍之進 丹沢 昭義
 (株)熊谷組 正員 清水 昭男 新井 元
 (株)熊谷組 正員○蟻坂 俊英

1. はじめに

著者らは、節理性岩盤に対するロックボルトのせん断補強効果・メカニズムを解明するため、一連のモデル実験と解析を通じて研究を進めている。ここでは、花崗岩割裂面供試体の実験結果も含めて、ロックボルトの変形特性と補強効果について検討したので、その概要を報告する。

2. ボルトの変形特性

図1にボルトの変形模式図を示す。 L_0 とせん断変位 U とダイレーション v を与えれば、ボルトの変形状態が決まり、ボルトの伸びを計算できる（文献2）参照）。

図2に、 L_0' ($=L_0 \cdot \sigma_c/500$, σ_c :母材とグラウトの一軸圧縮強度の平均値)と $U \sin \alpha$ の関係を示す。(a)はD16のボルトについて、(b)はD13のボルトについてまとめたものである。花崗岩の一軸圧縮強度は1300kgf/cm²と高く、300~500kgf/cm²程度のグラウト強度とは相当に差があり、ボルトの支圧反力を支える材料強度の決め方が問題となるが厳密に決めるほど十分なデータもないので、ここでは単純に両者の平均をとることとした。図2によれば、相当バラツキはあるものの文献2)で提案した L_0 の式と同様の傾向が認められる。

3. 粗い不連続面に対するボルトのせん断補強効果

図3は、花崗岩割裂面を模写した不連続面を持つモルタル供試体のせん断応力~せん断変位曲線の一例を示したものである。粗い不連続面では、せん断の過程で粗さを形成する凹凸の一部が切断されてせん断応力が低下する現象（ひずみ軟化）がみられる。

ひずみ軟化発生時のせん断変位は、無支保の場合の方が小さくボルトが入るとひずみ軟化の発生がやや遅れることがわかる。また、ボルト補強した供試体のせん断応力のピーク時には、ひずみ軟化はすでに発生している場合（ $\alpha=75^\circ$ ）もあると考えられる。この部分ではボルトの補強効果の増加の方がひずみ軟化による低下応力よりやや大きいと考えられ、前者と後者が等しくなったときに応力がピークに達したものと推測される。 $\alpha=45^\circ$ 、 $\alpha=60^\circ$ では、ピーク以前にひずみ軟化が発生したか、ピーク時に発生したか判然としない。

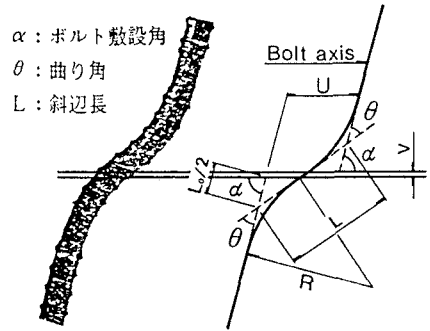
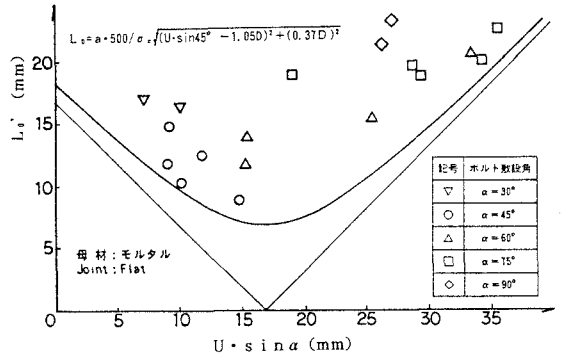


図1 ボルトの変形模式図

(a) D16



(b) D13

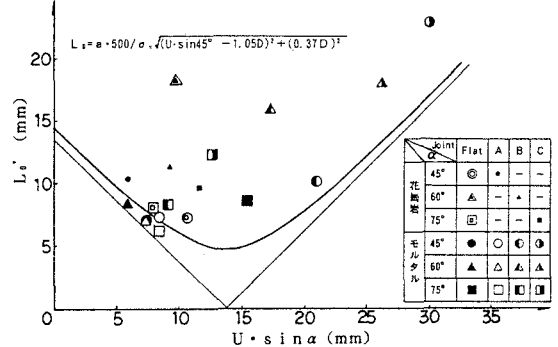


図2 L_0' と $U \sin \alpha$ の関係

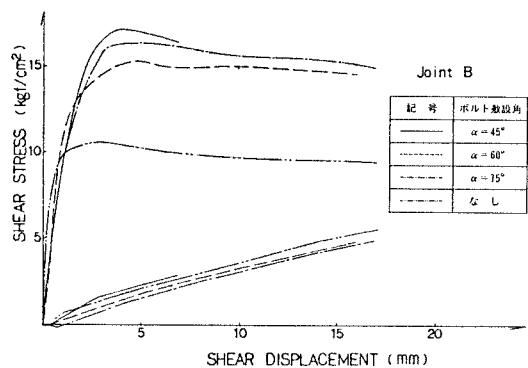


図3 せん断応力～せん断変位曲線

粗い不連続面に対するボルトの補強効果を、せん断の過程のどこで評価するかを考えると、①ひずみ軟化発生時、②全体のせん断応力のピーク時、③ボルトの補強効果のピーク時、の3案が挙げられるが、ボルト支保時の任意の変位における応力低下の大きさがよくわからないことから②、③での評価はむずかしい。したがって、やや小さめの評価となる場合もあるかもしれないが①が適当であると考えられる。

粗い不連続面に対する実大規模のロックボルトによるせん断補強効果を文献 2), 1)の方法により試算した。計算に用いた数値は表-1の通りであり、ひずみ軟化発生時のせん断変位は図3を参考として 3.5mmと仮定した。不連続面の内部摩擦角は文献 3) に示した式で $JRC=8$ 、 $\sigma_a=5\text{kgf/cm}^2$ 、 $\phi_b=39^\circ$ （母岩A）、 36° （母岩B）として計算したせん断強度より逆算した。図4に計算結果を示す。粗い不連続面では、平らな不連続面とは傾向が異なり、母岩Aではボルト敷設角 $\alpha=60^\circ$ で、母岩Bでは $\alpha=60\sim75^\circ$ でボルトのせん断補強効果が大きくなっている。また、母岩の一軸圧縮強度の大きい方がボルトのせん断補強効果大きい。

実大規模の岩盤でひずみ軟化の発生する変位や不連続面の内部摩擦角をどの程度と考えたらよいか、まだよく分かっていない。もし、その変位や内部摩擦角が小さくなればボルトのせん断補強効果は低下すると考えられる。

参考文献

1) 吉中, 清水, 新井: 岩盤不連続面に対するロックボルトの補強効果
土質工学会論文報告集 1988.

2) 吉中, 清水, 新井, 加藤, 蟻坂: 不連続面のせん断補強に供するロックボルトの変形特性
土木学会第43回年次学術講演会講演概要集(Ⅲ) 1988.

3) 吉中, 清水, 新井, 蟻坂, 西村: 花崗岩を用いた節理モデルの強度特性
土木学会第21回岩盤力学に関するシンポジウム 1989

4) 吉中, 丹沢, 清水, 新井, 蟻坂, 西村: 花崗岩の不連続面に対するロックボルト補強効果の実験的研究
土木学会第21回岩盤力学に関するシンポジウム 1989

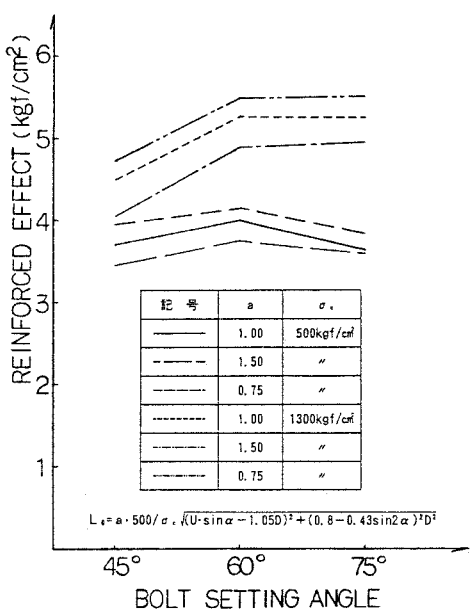


図4 ボルトの補強効果と敷設角の関係

表1 入力定数表

母岩の一軸圧縮強度	A : 500kgf/cm ² , B : 1300kgf/cm ²
グラウトの一軸圧縮強度	240kgf/cm ²
鉄 筋	D 25 1本/m ²
L _s の変動係数	1.0, 1.5, 0.75
せん断変位	3.5 mm
ダイレイション	0.7 mm
不連続面の内部摩擦角 φ	A = 56.4°, B = 63.5°
ボルト敷設角 α	45°, 60°, 75°
ボルトの降伏応力 σ _y	3300kgf/cm ²
ボルトの破断応力 σ _t	5500kgf/cm ²
ひずみ硬化始点ひずみ ε _s	0.01
付着バネ	k ₁ 1/2・k ₂

	支圧バネ k ₂ (kgf/cm ²)		
	45°	60°	75°
A	2738	2555	2190
B	4238	3955	3390