

名古屋大学工学部 正 川本 勝久
中部電力 糸金 誠 正 河合 照久
同 豊田 正和

1. はじめに

ロック材の強度定数は通常、その信頼度の高きゆえに三軸圧縮試験によって求められる。しかし、ロック材—実際の実験にあたっては最大粒径20mm程度の相似粒度を用いるが—のよう粒径の大きなものでは試験の集積性は否めなく、さらに、莫大な試料と実験するには多大な労力と時間が必要となる。それに対し、一面せん断試験の経済性、簡便性はロック材に対して特に魅力的であり、一面せん断試験の精度的可能性の検討が望まれる。

本論文では、既に発表した三軸圧縮試験¹⁾と一面せん断試験²⁾のF.E.L.数値解析結果に基づいて、面試験のせん断強度、変形特性と比較、検討し、あわせて、砂に関するLadeの構成則のロック材への適応性について検討した。

2. 数値計算

面試験に用いたロック材がLadeの構成則に比軸的適応できる材料であることは文献¹⁾に述べた。ここでは詳述しないが、三軸試験の種々の応力経路に対してもよい結果が得られている。そして、この三軸試験より得られたパラメーターによって一面せん断試験をシミュレートした。一面せん断試験としては通常等圧せん断と等体積せん断があるが、ここで用いた乾燥したロック材では排水条件に関係ないから、面試験に差はない。本解析では、その境界条件の容易さから等体積せん断試験を解析、検討の対象とした。なお、F.E.L.解析の詳細については当日発表する。また、本論文に引用した材料、実験結果およびLadeの定数等については文献¹⁾、²⁾を参照されたい。

図-1に三軸試験の数値結果を、図-2以降に一面せん断試験結果を各々、実験結果とともに示した。図-2は一面せん断試験のせん断過程における供試体内の応力レベルの一例を示すものであるが、通常言われているようなせん断箱前後端からの進行性破壊が明瞭にみられ、他の初期荷重の小さいものでは、かなり早い時期に明確なせん断面が形成される。なお、ここでの応力レベルはLadeの $k = I_1^3 / I_3$

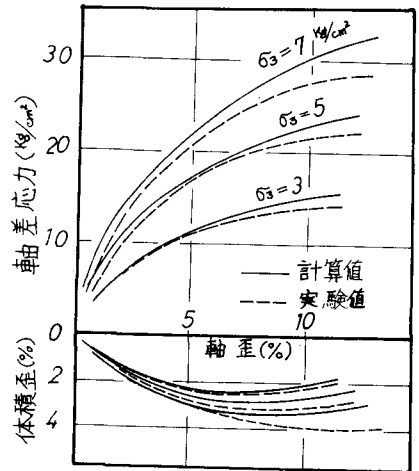


図-1 三軸圧縮試験の応力-ひずみ関係

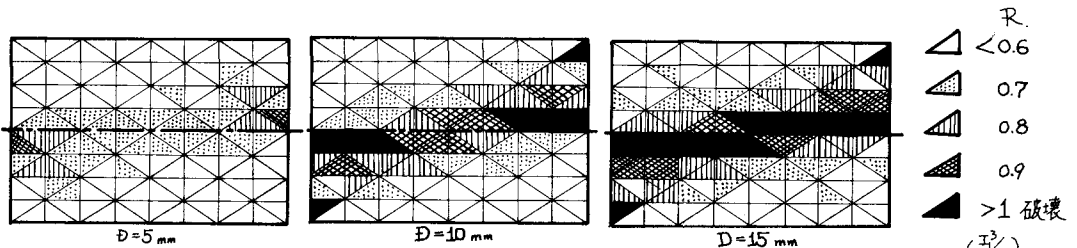


図-2 一面せん断試験における応力レベルの遷移

$$R = \frac{(I_1^3 / I_3)}{(I_1^3 / I_3)_f}$$

であり、図中の値は破壊応力レベル(圧力)に対する比である。

3. 考察

図-1に見られるように三軸圧縮試験の結果は拘束圧が大きい場合に若干の差が認められるもののだいたいにおいてよい一致をみている。また、破壊付近での差は解析上、端面を拘束しているためと思われ、計算結果でも、破壊に近づくほど、仮設体内の応力の様子がそこのわれてくる。ともあれ、三軸試験の結果は良好な一致のみられる。これに対して、図-3、4に示した一面せん断試験では中間の初期上載圧 $\sigma_{v0}=10.04$ ではかなりよい一致がみられたものの、そのほかはかなり異なる値を示している。一面せん断試験をシミュレートするにあたって、解析的不合理さは多々あると思われるが、それでもなお且つここで注目すべきは、 σ_v -D関係である。すなわち、図にみられるように、実験値は、 σ_{v0} が高い場合、初期の急激な低下がみられる。ここには示さなかったが、さらに高圧の場合、この現象は顕著である。これに対し、計算値は、初期での荷重増分は小さいものの、減少はしていない。この現象は次のような理由と考えられる。

つまり、ロック材のようなものをばせん断前の圧縮過程において、粒子構造はいわゆる高圧のまま、上載圧に抵抗しており、この状態に異方向からのせん断力をかけた場合、粒子のかみ合せがはずれ、上載圧にみあった低圧構造の間隙比に落ちてくる。このように考えると図-3(b)における計算値と実験値の差はこの初期の関係に寄与でき、その後の軌跡は、ほぼ良好な関係となってくる。そして、この現象は当然、 τ -D曲線にもうかがうことができ、実験値では、 σ_{v0} が大きくなる程、初期勾配からの勾配低下の度合いが大きくなっている。このことは、粒状材の一面せん断にみうけられる現象であり、初期に費やされるせん断力が最終的なせん断強度にこの段階では詳細に言及できないが、幾分なりとも反映してくるものと思われる。そして、このような条件下にあっては、Ladeの構成則のほかにも、上述のような変形要素を考える必要もあると思われる。

数値計算の結果は図-3(a)、(b)を見た場合、実験値とかなりかけはなれているようであるが、前述したような σ_{v0} の大きさを考慮した場合、この大きさも妥当なものであり、その結果として、図-4に示した、ベクトルカーブの軌跡はかなり異なっているものの、破壊付近では、ほぼ妥当な点に落ち着いている。

4. おわりに

一面せん断試験は本来、せん断特性を忠実に表現するものでなく、その強度定数にのみ、評価としての価値があるのであるが、破壊に至るせん断過程を考えることによって強度特性を把握できるのではないか。この際、本報で述べた初期変形の問題のほか、interlockingやpackingなどの現象も考えられ、今後の課題としたい。

参考文献1) 丹羽、河合ら：「ロックウィルダム材の力学的特性について」第30回年次学術講演会。

2) 川本、加島ら：「フィル材のせん断強度特性について」第12回土質工学研究発表会。

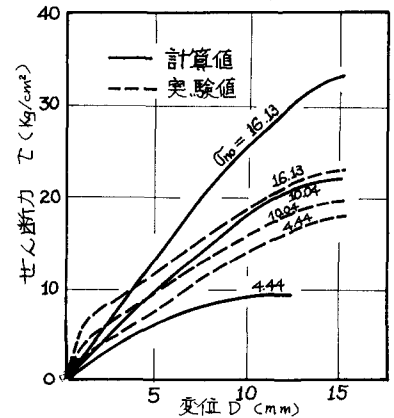


図-3(a) 一面せん断試験の τ -D曲線

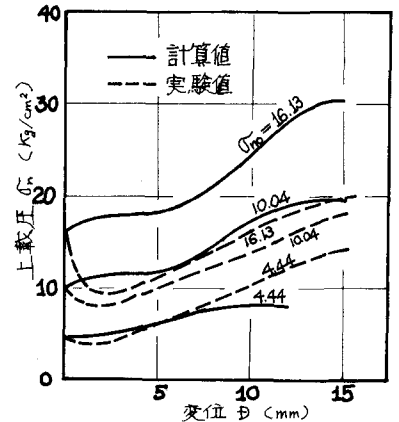


図-3(b) 一面せん断試験の σ_v -D曲線

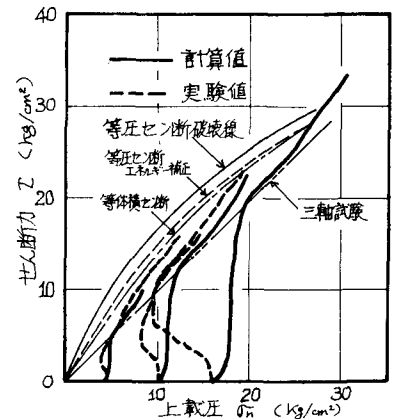


図-4. ベクトルカーブ