

ロックせん断試験の弾塑性解析

電力中央研究所 正会員 ○ 小早川博亮  
 中部電力株式会社 竹畑栄伸

1. はじめに

均質化理論によって岩盤の力学特性を評価する手法が提案されている<sup>1)</sup>。この岩盤の物性の評価法において、変形特性は精度よく評価されることが明らかになっているものの、強度特性に対しては、拘束圧依存性が表現されにくいことがあることが指摘されている<sup>2)</sup>。この原因の一つとして、岩盤せん断試験のブロック形状で求められるせん断強度と、材料のせん断強度はそもそも一致しないことが考えられる。これに対して、拘束圧の低い領域では、モーメントによる引張破壊により材料強度よりも小さくなる可能性があること<sup>3)</sup>や、原位置での岩盤せん断試験は、破壊は、載荷面下部から逐次的に進行することやせん断面の深部まで及ぶことの影響が指摘されている<sup>4)</sup>。本報告では、等方均質な岩盤材料に対し、ロックせん断試験の弾塑性解析を実施して、原位置試験によって得られる岩盤のせん断強さについて考察する。

2. 解析条件

解析コードは、地盤工学会から市販されている書籍に収録されている弾塑性解析コード(GA3D)<sup>5)</sup>を用いる。解析に用いるメッシュは、図1に示す岩盤のロックせん断試験を対象としたモデルとし、解析用の物性値は表1に示した物性値(溶岩質緑色岩C<sub>H</sub>級を用い、ダイレイタンシー角はせん断抵抗角と等しいと仮定した。GA3Dは構成則として弾完全塑性体・非関連流れ則(MC-DPモデル)が用いられているが、この入力に関連流れ則を適用していることと等しい。境界条件は図2に示すように岩盤ブロック上端を自由境界としたケース1と、ブロックの上端を変位固定としたケース2とした。強制変位はブロック左側面からステップ毎に右向きに0.03mmずつ与えた。

3. 解析結果と考察

解析によって得られた水平反力—水平変位関係を図3に示す。いずれのケースも、水平変位の増加とともに水平反力のピークを示し、その後、繰り返し計算が収束しない状態(本解析コードではこれを破壊と定義している)を示していることがわかる。この破壊直前の八面体せん断ひずみ分布を図4に示す。図よりケース1では岩盤ブロックと地盤の境界面にせん断ひずみが集中しており、原位置試験で想定している破壊面と対応する。一方、ケース2においては、岩盤ブロック

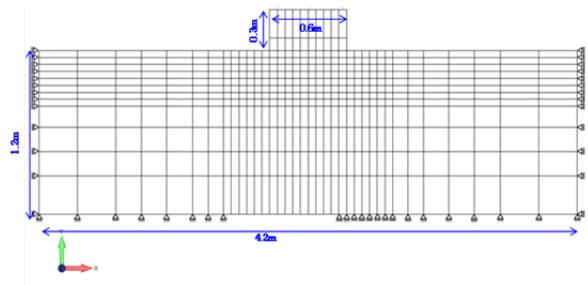


図1 解析メッシュ

表1 入力物性値

パラメータ	単位	値
ヤング率 (E)	MPa	44019
ポアソン比 (ν)		0.3
粘着力 (c)	MPa	1.6
せん断抵抗角 (φ)	°	39.8

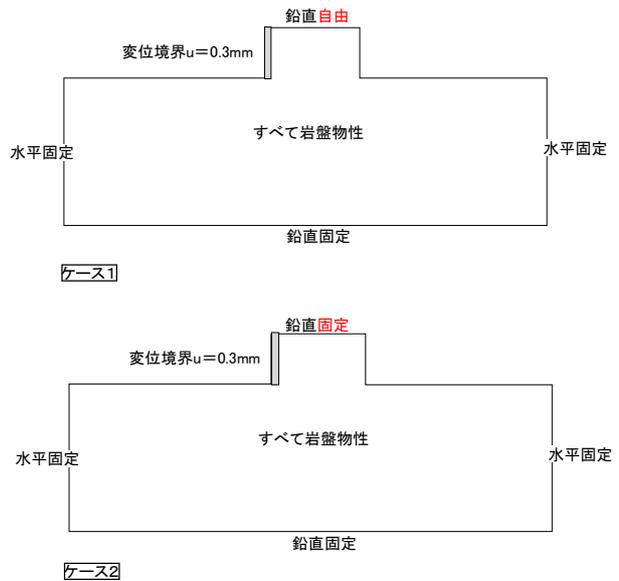


図2 解析の境界条件

キーワード：弾塑性解析, 岩盤, せん断強さ, ロックせん断試験

〒270-1194 我孫子市我孫子 1646 E-mail: h-koba@criepi.denken.or.jp

背面の地盤に広範囲にせん断ひずみが生じており、試験の破壊形態とは異なる。これは、ブロックの浮き上がりを許容しない境界条件のためであると考えられる。しかし、岩盤ブロックと地盤の境界面にもせん断ひずみが生じていることから、破壊に至る前に、この部分の降伏が生じている可能性がある。そこで、ケース2において、要素が降伏に至った計算ステップを図示したものを図5に示す。たとえば、ブロック付近拡大図に示すブロック左端部の数字は「3」であることから、この要素は3ステップ目で降伏していることを示している。こうしてブロック端部の降伏ステップ数を見ると左から「3,3,14,25,・・・12,7」となっており、ブロックの境界付近は25ステップまでにすべての要素で降伏していることがわかる。そこで、ケース2においては25ステップを岩盤せん断試験における破壊とする。

以上の各ケースでの破壊ステップの水平反力を、それぞれ岩盤せん断試験の際の破壊強度ととらえ、せん断試験の試験整理法にならって、ブロック境界部の面積で除してせん断面上でのせん断応力を算定し、垂直応力との関係を図6に示す。図には、入力物性として用いた材料強度も併せてプロットしている。解析結果は、 $c$ 、 $\phi$ ともに入力物性値よりも1割程度小さい値が算出されている。先に述べたように、原位置試験においては低拘束圧域ではモーメントによる引張破壊の影響があることや、ブロックを整形して実施するいわゆる模型に対する試験であることを考慮すれば、材料強度よりもやや小さめの値が算定されることは、妥当なものと考えられる。

4. まとめ

等方均質な岩盤のロックせん断試験に対し、弾塑性解析によるせん断試験のシミュレーションを実施した。岩盤のせん断強さが評価できることが分かった。

参考文献[1]京谷孝史,寺田賢二郎,欧陽立珠(1999):岩石の力学特性と不連続面画像情報による岩盤の変形強度特性評価,土木学会論文集,631(III-48), pp.131-150. [2]小早川博亮,京谷孝史(2007):亀裂に対する連続体弱層モデルを用いた均質化法による岩盤の強度特性評価,土木学会論文集C, Vol. 63, No. 2, pp.428-440.[3]土木学会原子力土木委員会(1999):人工島式海上立地技術の高度化,原子力発電所の立地多様化技術(追補版),土木学会.[4]伊藤洋,本島睦,林正夫,北原義浩,日比野敏(1978):原位置試験のシミュレーションによる泥岩の基礎岩盤安定背解析手法の検討,電力中央研究所報告,377004. [5]地盤工学会 地盤技術者のためのFEMシリーズ編集委員会(2003):地盤技術者のためのFEMシリーズ③ 弾塑性有限要素法を使う,デイト.

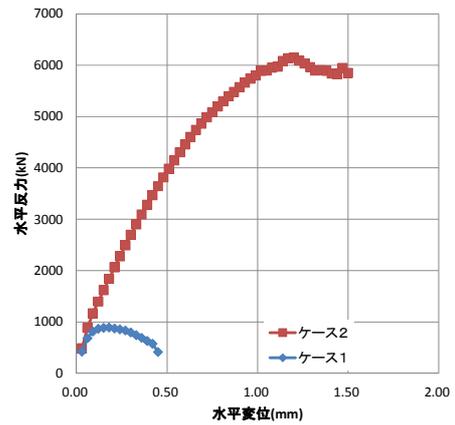


図3 水平変位-水平反力関係

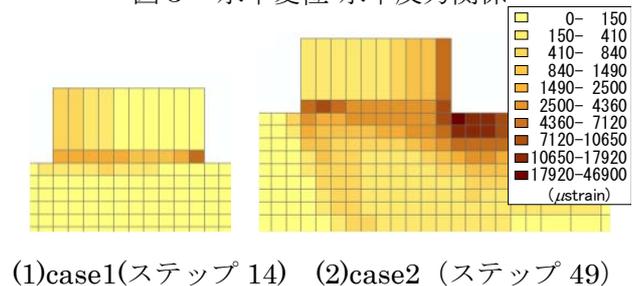


図4 破壊直前の八面体せん断ひずみ分布図

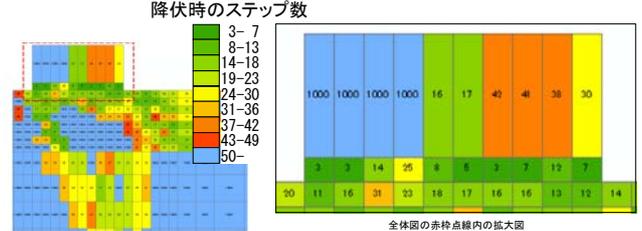


図5 有限要素の降伏ステップ分布図

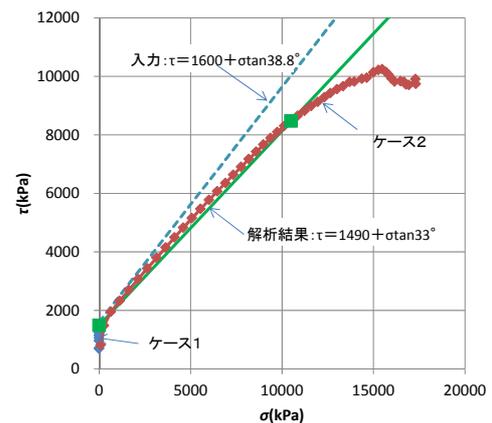


図6 せん断応力垂直応力関係図