

佐藤工業	正会員	中村 英孝
明星大学	正会員	竹内 則雄
地質調査所	正会員	小出 仁

1. はじめに

トンネルや、ダムなどの大規模な土木構造物を建設する場合に、その位置の選定やサイト全体の設計において断層は重要な調査対象として取り扱われる。また、地震は断層運動が引き金となり発生するものであり、地震予知を行う上でも断層は重要な調査項目の一つである。しかし、断層の運動は大陸プレートの長期的な動きに影響し、その動きが複雑なためにプレートの動きと断層運動の関係については十分に理解されていない。そのため、近年の数値解析手法の進歩に伴い断層運動に関するシミュレーション解析が試みられるようになってきた。¹⁾しかしながら、断層の破壊に着目した物理モデルによる解析例は数少ないのが現状である。本報で取り上げる断層の横すべりを対象とした水平問題に関しては、断層近傍の応力状態に着目したBEMによる解析事例が報告されている。本研究では、断層およびその周辺地盤の亀裂の進展に着目し、長期的な地盤の変動に伴う断層部の進展メカニズムを明らかにすることを目的として、RBSMによる断層運動のシミュレーション解析を実施した。その結果、①断層近傍の変形状況、②断層部およびその周辺地盤の亀裂の進展状況等に対していくつかの知見が得られたので報告する。

2. 解析条件

解析モデルは図-1に示すように仮定の水平二次元断面とした。荷重はせん断荷重を想定し、モデルの上下面に逆方向の強制変位として与えた。本検討では、まず断層の定性的な進展状況を把握するため、亀裂の破壊に十分な変位量として現実よりも大きめの値(強制変位:1000m)を採用した。破壊条件は引張破壊を考慮したクーロンの条件とした。地盤の物性値を表-1に、断層の物性値を表-2に示す。モデルの要素分割を図-2に示す。解析は地表面からの深度をパラメータにとり、0km、3km、5kmの3ケースとした。初期応力は静水圧分布を仮定し、深度の違いにより断層の進展がどのようになるか比較検討した。

3. 解析結果

深度3kmの場合を例として断層周辺部の変形図を図-3に、変位ベクトル図を図-4に示す。変形図より、断層端部において断層の延長線上に変形が大きくなる様子がうかがえる。断層周辺部の破壊進展状況を図-5に示す。破壊パターンについてみると、深度0kmの場合はまず断層端部から破壊は発生している。その後モデルの対角線方向に向かって破壊は進展していく。破壊の種類としては引張り破壊が支配的である。深度3kmと5kmの場合も断層端部から破壊は発生しはじめ、その後断層と平行方向に破壊は進展していく。破壊の種類はせん断破壊が支配的である。次に、与えた荷重レベルと破壊パターンについてみるために、強制変位量と解析ステップとの関係を表-3に示す。40ステップでの各ケースの強制変位量を比較すると、深度0km、3km、5kmの場合それぞれに対応する値は5.6m、477m、824mである。深度3kmと5kmの場合の破壊パターンはほぼ等しいにもかかわらず、同レベルの破壊状況に至るまでの強制変位量は1.7倍の差が生じており、拘束圧の違いが大きく影響しているものと考えられる。

4. まとめ

本検討で得られた結果をまとめると次のようになる。①初期応力状態の違いにより、変形および破壊の進展状況ともに違いが生じた。ただし、深度3kmと5kmの場合においては、変形モードと破壊パターンは同様な傾向を示した。②地表面の破壊は引張り破壊が支配的となった。これは初期応力をゼロと仮定したことにより生じるものと考えられる。

以上の結果より、断層の進展に伴う周辺地盤の破壊パターンや破壊に要する外力の値の違いの原因の一つ

として、地盤深度による拘束圧の大きさが影響しているものと考えられる。今後、断層の角度、長さ、離間距離等をパラメータとした検討を行うと共に、鉛直二次元断面モデルによる検討を行う予定である。

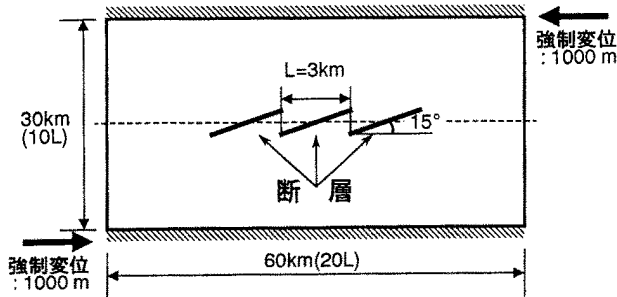


図 - 1 解析モデル図

表 - 1 地盤の物性値

深度 (km)	単位体積重量 (kg/m ³)	弾性係数 (MPa)	ポアソン比	粘着力 (MPa)	内部摩擦角 (MPa)	引張り強度 (MPa)
0	2,700	2,700	0.27	2.5	35	0.5
3	2,700	2,700	0.27	2.5	35	0.5
5	2,700	3,000	0.25	3.0	40	0.6

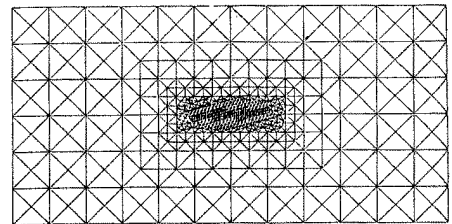
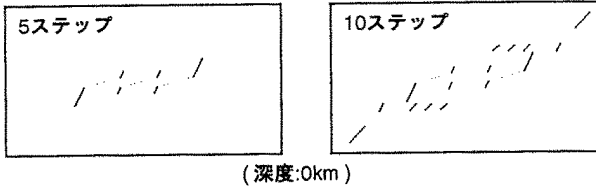


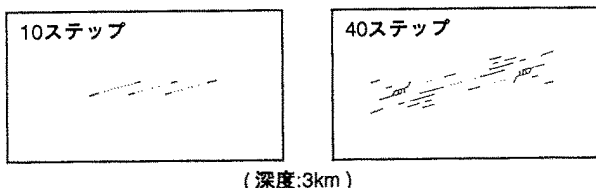
図 - 2 要素分割図

表 - 2 断層の物性値

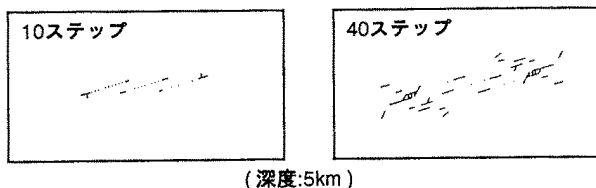
深度 (km)	法線方向ばね定数 (MPa)	接線方向ばね定数 (MPa)	粘着力 (MPa)	内部摩擦角 (MPa)	引張り強度 (MPa)
0	岩盤相当	岩盤の1/1000	2.5	35	0.5
3	岩盤相当	岩盤の1/1000	2.5	35	0.5
5	岩盤相当	岩盤の1/1000	3.0	40	0.6



(深度:0km)



(深度:3km)



(深度:5km)

図 - 5 断層周辺地盤の破壊状況

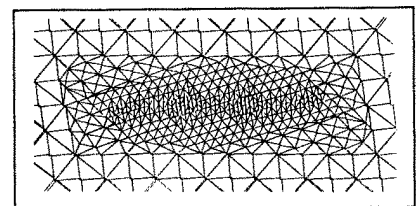


図 - 3 断層周辺の変形図

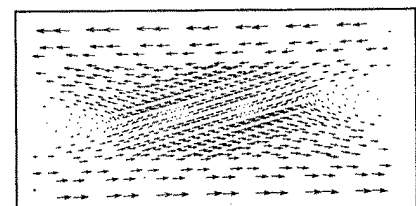


図 - 4 断層周辺の変位ベクトル図

表 - 3 解析ステップと強制変位量の関係

深度 (km)	5ステップ	10ステップ	20ステップ	40ステップ
0	3.9 m	4.4 m	5.1 m	5.6 m
3	289 m	347 m	422 m	477 m
5	538 m	632 m	741 m	824 m

参考文献 : 1) 例えば, S. N. Savchenko, A. A. Kozyrev, Investigations on stress state near the neighbouring fractures by boundary elements method, Computer Methods and Advances in Geomechanics, pp.1725~1730, 1992.