

Ⅲ-A212

東北地方における地殻の粘弾性解析

佐藤工業(株)

正会員 中村 英孝, 伊東 守, 児玉 敏雄

住友金属鉱山(株)

水落 幸広

(財)原子力環境整備センター

河野 愛

1. はじめに

地殻の力学的挙動を数値解析等により把握することは、地質環境の長期安定性を考える上で重要である。地殻深部ではマントルやマグマからの熱によって高温に達し、そのような高温部では粘性的な性質を有するものと考えられている。したがって、高温部を含む地殻のモデル化を行う場合、岩盤変形の時間依存性を考慮した粘弾性解析が必要である。本報告では東北地方の地熱地域である仙岩地域を検討対象とし、概念的な解析モデルを設定し、長期にわたる地殻の応力状態を把握するため、二次元粘弾性FEM解析を実施した。ここでは、岩盤の剛性、ポアソン比、緩和時間をパラメータとした解析結果の一部を紹介する。

2. 解析条件

解析モデルを図-1に示す。深度方向に対してはキューリー点、コンラッド面、モホ面が含まれ、キューリー点以深を粘弾性体、これ以浅を弾性体としモデルを単純化した。本検討では粘弾性モデルとして、2つのばねと1つのダッシュポットで構成される3要素Maxwellモデルを用いた。解析時間は一万年とし、地殻変動外力は、この期間に岩盤に蓄積されるひずみを強制変位に換算し(200m/1万年)、解析モデルの両側面境界に断層運動の周期毎に与えた。岩盤物性は既往の研究結果^{1)~4)}を参考にし、表-1に示す値を用いた。本検討では表-1に示す物性値を基本ケースとし、以下のケーススタディを行った。

(1) Maxwellモデルの2つの弾性係数(ばね)の比率

を変化させた場合(ケースA,B,C)

E_0 に対する E_1 の比率を1.0とおき、 E_0 を1.0、0.5、0.2と変化させる。

(2) 上部地殻下部(区分③)のポアソン比 ν の値

を変化させた場合(ケースD,E,F)

$\nu=0.35, 0.40, 0.45$ と変化させる。

(3) 緩和時間 λ を変化させた場合(ケースG,H,I)弾性係数 E_0 をゼロとおき、

$\lambda=100$ 年、1,000年、3,000年と変化させる。なお、 E_0 の有無による違いを見るため、

ケースIに対し $E_0=E_1$ とした検討も行う(ケースJ)。

3. 解析結果

解析結果として、区分③の時間-水平応力関係を図-2に示す。結果の一例としてケースIとJの一万年後の最大せん断応力分布を図-3に示す。これより以下のことがわかる。

表-1 岩盤の物性値

区分番号	対象とする地殻分類	単位体積重量(kN/m ³)	弾性係数(MPa)	ポアソン比	粘性係数(MPa ² sec)
①	上部地殻 最上部(表層堆積層)	23.0	2,000	0.30	弾性体
②	上部地殻 上部(結晶質岩盤)	27.0	8,000	0.23	弾性体
③	上部地殻 下部	30.0	5,000	0.35	2.0×10^{13}
④	下部地殻	30.0	3,000	0.40	1.0×10^{13}

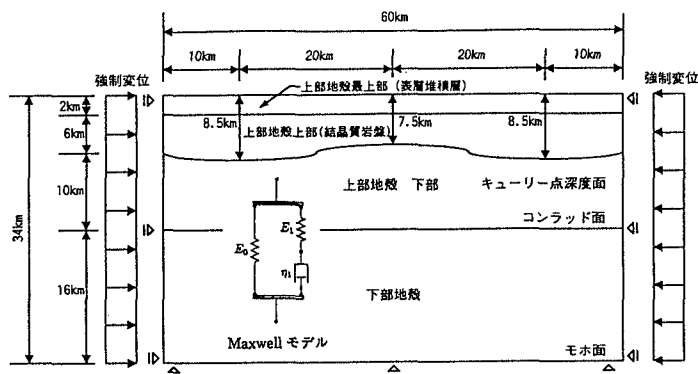


図-1 解析モデル

キーワード：粘弾性解析、マックスウェルモデル、有限要素法

連絡先：〒103 東京都中央区日本橋本町4-12-20 佐藤工業(株), Tel 03-3661-2298, Fax 03-3668-9481

図-2より弾性係数の比率をパラメータとしたケース A,B,C とポアソン比をパラメータとしたケース D,E,F はほぼ同様な応力緩和を示している。一方、緩和時間をパラメータとしたケース G,H,I を比較すると緩和時間が大きいほど岩盤内の応力蓄積量が大きく算定されている。岩盤の応力蓄積量は荷重(ここでは強制変位)・荷重間隔と緩和時間の相対関係で決まるものであり、荷重・荷重ステップが緩和時間を下回る場合には、時間経過と共に岩盤の応力蓄積量は大きくなる傾向を示している。図-3より解析モデルの4つの地殻中、最も大きな最大せん断応力が発生する層は、各岩盤の弾性係数に比例し区分②の上部地殻上部(結晶質岩盤)である。ケースIとJを比較すると、上部地殻上部で最大せん断応力集中域に差異が見られる。これは、各地殻の弾性係数がモデル全体にどのように分布しているか起因するもので、ケースIは区分②の弾性係数が他の地殻よりも相対的に大きく、最大せん断応力の集中領域が顕著に現れたものと考えられる。

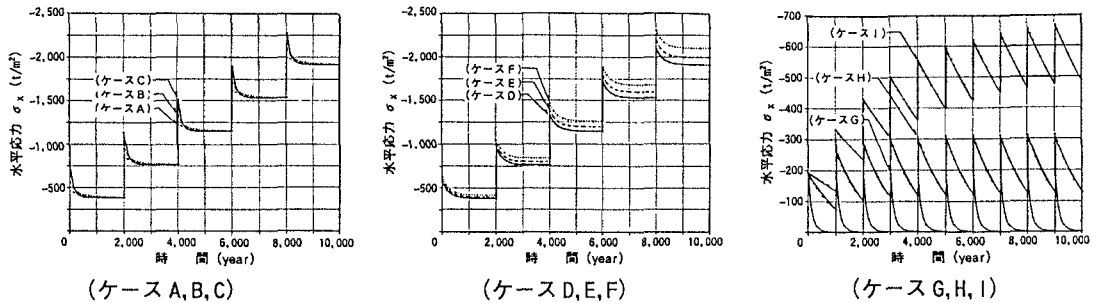


図-2 時間-水平応力関係図

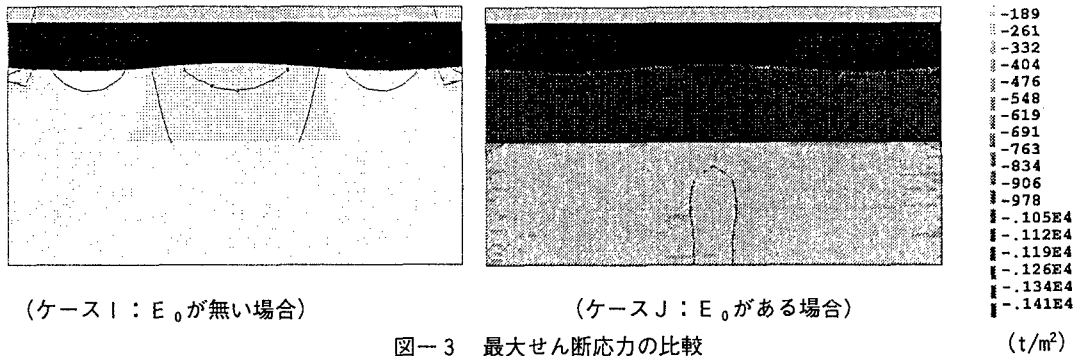


図-3 最大せん断応力の比較

4. おわりに

本検討では、地殻の時間依存性に着目した粘弾性モデルを用い、上部地殻下部および下部地殻の応力状態を定性的に把握した。しかしながら、実際の地殻の変動を記述するには、複雑な地質構造のモデル化が必要となる。今後、実際の解析モデルで粘弾性挙動について検討すると共に、断層挙動を弾塑性解析等の手法によってモデル化していく予定である。本研究を遂行するに当たり、終始ご指導頂きました東京大学大久保教授、明星大学竹内教授、ならびに西村京都大学名誉教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤比呂志：出羽丘陵の隆起モデルについて，構造地質研究会誌，27，pp.109-122，1982.
- 2) 動力炉・核燃料開発事業団：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書-平成3年度-，1992.
- 3) C.A.Williams and R.M.Richardson：A rheologically layered three-dimensional model of the San Andreas Fault in central and southern california，journal of geophysical research，Vol.96，No.B10，pp.16.597-16.623，1991.
- 4) P.A.Rydelek and I.S.Sacks：Asthenospheric viscosity and stress diffusion - a mechanism to explain correlated earthquakes and surface deformations in NE Japan，Geophys.J.Int，pp.39-58，1990.