

CS-198

等価介在物法を用いた逆解析による日本列島の応力分布解析

○ 筑波大学 正員 亀田 敏弘
 東京大学 正員 堀 宗朗

はじめに

日本列島における地震発生可能性を検討する際、列島内のひずみ分布・応力分布を知ることは重要であると考えられる。近年のGPSを活用した観測により、各地点における変位を知ることができるようになり、地震予知に応用することが可能と考えられる。従来の研究では変位場からひずみを求め、そのひずみから応力を計算しているものが多いが、列島を弾性体と仮定して応力を求めているものがほとんどである。実際には列島が非弾性変形を生じていることは十分に考えられるため、非弾性成分を考慮することが必要であろう。等価介在物法を応用することにより、構成則が未知の場合において、変位場と境界での非弾性応力成分から内部の応力場を求める手法を開発した。この手法を用いることにより、GPSを用いて得られる変位場情報をもとに、列島の非弾性変形も考慮した応力場を求めることが可能となり、地震発生可能性を検討する上で有力な方法であると考えられる。

定式化

等価介在物法により、応力ひずみ関係は一般に次のように表すことができる。

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl}(\epsilon_{kl} - \epsilon_{kl}^*) \quad (1)$$

ここで $\sigma, \epsilon, \epsilon^*$ はそれぞれ応力、ひずみ、非弾性ひずみ (eigen strain) である。釣り合い式 $\sigma_{ij,j} = 0$ を用いると、次式を得る。

$$\sigma_{ij,j}^* = \sigma_{ij,j}^v \quad (2)$$

ここで $\sigma_{ij}^* = C_{ijkl}\epsilon_{kl}^*$, $\sigma_{ij}^v = C_{ijkl}\epsilon_{kl}^v$ である。さらに、非弾性変形による体積変化が無いという仮定を設けると、2次元の場合、解くべき方程式は次のようになる。

$$\sigma_{11,11}^* + \sigma_{11,22}^* = \sigma_{11,11}^v - \sigma_{22,22}^v \quad (3)$$

$$\sigma_{12,11}^* + \sigma_{12,22}^* = \sigma_{12,11}^v + \sigma_{12,22}^v + \sigma_{11,12}^v + \sigma_{22,12}^v \quad (4)$$

式(3)、(4)はそれぞれ σ_{11}^* , σ_{12}^* の Poisson's 方程式であるので数値的に解くことができる。

解析例

はじめに図1に示す問題をFEMにより解いて得られた結果(順解析)と順解析によって得られた変位場と境界条件のみから本手法を用いて得られた結果(逆解析)とを比較して、本手法の検証を行った。順解析においては、材料は Von Mises 則に従い、加工硬化は無いものとし、要素数は 48×24 で解析を行った。逆解析においては 49×25 節点の差分法を用いた。

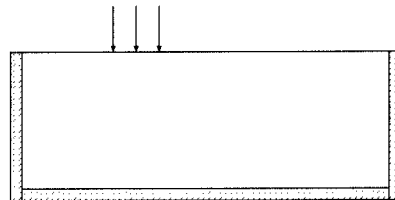


図1. 数値実験に用いた問題

キーワード：逆解析, 等価介在物法, 塑性成分, 構成則, GPS

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学構造工学系

kameda@kz.tsukuba.ac.jp

〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1 東京大学地震研究所

図2と図3はそれぞれ順解析と逆解析によって得られた σ_{12}^* の分布である。逆解析結果は良好に順解析の結果を再現しており、構成則が未知であっても変位場と境界条件から応力場を知ることが可能なことを示している。

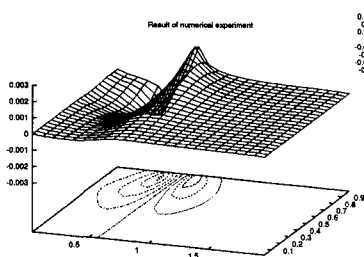


図 2. 順解析により得られた σ_{12}^* の分布

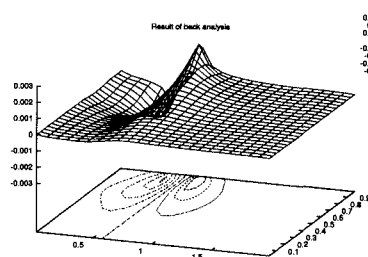


図 3. 逆解析により得られた σ_{12}^* の分布

次に GPS から得られた日本列島の変位情報から逆解析を行った例を図4に示す。海面の変位データが得られないため、解析では列島の平均変位をもとに外挿したものを用いた。また海岸において列島内部の実測変位と海面の外挿変位が不連続であることは非現実的であるため、海岸部ではスムージングを行った。

おわりに

今回の解析においては列島周辺の変位場に対して外挿を行ったが、それ以外の手法に対しても検討する予定である。

最後になりますが、東京大学地震研究所 加藤照之 助教授より GPS データを提供していただきました。ここに感謝いたします。

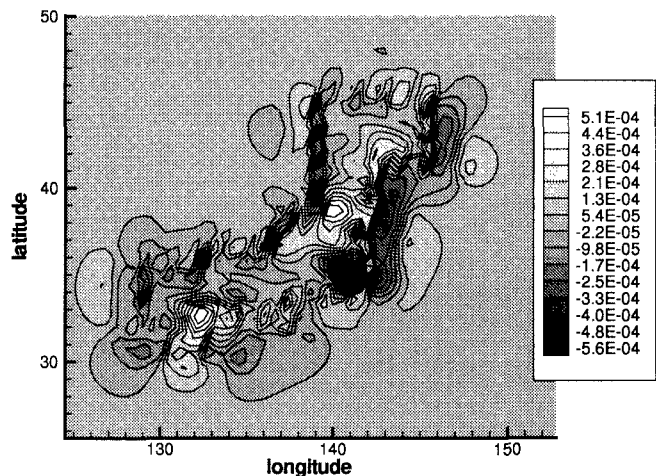


図 4. σ_{22} の分布

参考文献

- 1) Bui, H.D. (1993), *Inverse Problem of Mechanics of Materials : an introduction*, Elsevier
- 2) Eshelby, J.D. (1957), Proc. Roy. Soc., Vol. A241, 376-396
- 3) Nemat-Nasser, S. and Hori, M. (1993), *Micromechanics: Overall Properties of Heterogeneous Materials*, North-Holland, London