

GISを用いた地盤変動解析手法に関する基礎的研究

九州東海大学工学部 学生員 栗林 学
九州東海大学工学部 学生員 鶴田 智大
九州東海大学工学部 正会員 鹿田 光一
九州大学工学部 正会員 江崎 哲郎

1. 緒言

石油、石炭、天然ガス、地下水など地下資源の開発による地盤変動が社会問題として大きく取り扱われてきた。また今後は、大規模な地下空間開発による地盤変動現象への対応が必要と考えられる。

著者らは上述した地下開発による地盤変動現象に対し、任意傾斜角を有する偏平空洞の掘削による地盤変動の解析システムを開発、また浸透流解析とのカップリングを計るなど現場への適用を行ってきた。しかし、従来の多くのシステムは、現象の解析を目的とし、開発に対する対策を直接議論出来るものではなかった。すなわち、地盤変動現象については、結果として地盤の変位量を示すのみで、地盤の被覆状況、利用形態、構造物種別、地下埋設物との位置関係などを合わせた評価がなされ得なかった。

このため、本研究においては、近年、地形解析等に盛んに利用されているGIS(Geological Information System)に、地下開発に伴って生じる地盤変動現象の解析に実績のある影響関数法(Face Element 法)の機能を導入し、新たなシステムを構築した。本解析手法を基本的なモデルケースに適用し、その精度と適用性を検討する。

2. GISを用いた新しい地盤変動解析手法

GISは、データベース化された地理情報について二次元平面上の多数、多様なデータの重ね合せ・対比・図化するシステムであり、その解析機能としてはバッファリング、オーバーレイ機能、属性検索機能などを有する。また、最近では各種解析システムとのデータ、計算結果のリンクが計られてはいるものの、本来、GIS自体は科学技術計算はを行うものではない。

しかしながら、地下の開発が如何なる現象を引き起こし、どの様にして実際の被害に結びつくかを提示するシステムが存在せず、実被害が生じてはじめて

て認識されるという現状を招いている。これに対応するため、次の2つの項目の遂行を最終的な目標と設定した。すなわち、I:地下開発の進展に伴って生じる地盤変動現象を逐次シミュレート可能な真に効率的な解析システムを構築する。II:地盤変動が実際の構造物に及ぼす、破壊・機能阻害に対する真の危険度評価を実現する。

この2項目の内、本研究においては、上記Iに対して、GISを用いた地盤変動解析システムを構築する事を試みた。具体的には、個々には一般的な機能(距離判断、論理演算、属性検索)を有するコマンドを複数組み合わせる事により、申請者が研究を継続してきた影響関数法(Face Element 法)¹⁾による地盤変動解析を可能とした。Face Element 法は式(1)に示す様に、Mindlin 解における Kelvin 解とその Complementary 項に相当する成分、すなわち式(1)と式(2)を重ね合せ半無限媒体中の変位不連続量の影響を算定する手法である。

$$\Delta w = \frac{z_i s_i \Delta A}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{2(2-\nu)z_i^2 + (1-2\nu)r^2}{(r^2 + z_i^2)^{3/2}} \right] \quad (1)$$

$$\Delta u = \frac{(x-\xi)s_i \Delta A}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{2(1+\nu)z_i^2 - (1-2\nu)r^2}{(r^2 + z_i^2)^{3/2}} \right]$$

$$\Delta v = \frac{(y-\eta)s_i \Delta A}{8\pi(1-\nu)} \left[\frac{2(1+\nu)z_i^2 - (1-2\nu)r^2}{(r^2 + z_i^2)^{3/2}} \right]$$

$$z_1 = z - H \quad z_2 = z + H$$

$$\Delta w = \frac{s_i \Delta A}{4\pi(1-\nu)} \left\{ \frac{2(1-\nu)z_1}{(r^2 + z_1^2)^{3/2}} + [z + 2H(1-\nu)] \frac{2z_2^2 - r^2}{(r^2 + z_2^2)^{3/2}} + 3Hz_2 \frac{2z_2^2 - 3r^2}{(r^2 + z_2^2)^{5/2}} \right\}$$

$$\Delta u = \frac{(x-\xi)s_i \Delta A}{4\pi(1-\nu)} \left\{ \frac{1-2\nu}{(r^2 + z_1^2)^{3/2}} - \frac{3z_2(z_1 + 2H)}{(r^2 + z_2^2)^{3/2}} + \frac{3Hz_2(4z_2^2 - r^2)}{(r^2 + z_2^2)^{5/2}} \right\}$$

$$\Delta v = \frac{(y-\eta)s_i \Delta A}{4\pi(1-\nu)} \left\{ \frac{1-2\nu}{(r^2 + z_1^2)^{3/2}} - \frac{3z_2(z_1 + 2H)}{(r^2 + z_2^2)^{3/2}} + \frac{3Hz_2(4z_2^2 - r^2)}{(r^2 + z_2^2)^{5/2}} \right\}$$

(2)

具体的なシステムの構成としては、

・GISソフトウェアとして、ITC社製 Ilwis Ver. 2.1

2) を使用する。

- ・空洞形状、変位分布形態、計算点などの全てに共通の座標系(Coordinate System)を設定する。
- ・空洞形状を面(Polygon)データとして入力する。
- ・計算点を点(Point)データとして、解析領域に設定する。
- ・Polygon、Point データを格子(Raster)データに変換する(Rasterization)。
- ・層または空洞の傾斜を線(Segment)データの補間により、傾斜した空洞または層の任意点の深度を設定する。
- ・計算点から全ての pixel への距離算定を行い、影響範囲内にある空洞内の pixel を特定する。
- ・各 pixel に対して、計算点からの距離、空洞深度、変位不連続量が特定され、式(1)および式(2)より計算点における影響が算定される。
- ・全 pixel について、集計(Histogram)処理を行う事により、地盤変動量が特定される。

3. 解析結果

2に示した解析手法の適用性、精度を検討するため、基本的なモデルケース(図1)への適用を行った。すなわち、水平な空洞(または層)が深度100mを有し、図に示すような形状で存在する現場において、変位不連続量が均一な分布形態を示す条件下での代表的な計算点における地盤変動量を算定した。図2に計算過程において、空洞、計算点および計算点からの距離を算定し、影響範囲内にあるPixelを特定した状況を示す(図中、色の濃度は距離短く、淡部は距離が長い事を示す)。

計算結果として、図3に理論解との比較を示す。特徴的な4点について、精度良くその地盤変動量がシミュレートされている事が分る。

4. 結言

GISに影響関数法(Face Element法)の関数を導入した新しい地盤変動解析手法を構築し、基本的なモデルケースに適用を行った。

その結果、理論解との誤差は存在するものの、その原因としてはシステム自体とするよりは、各種図面をデジタイザにより入力する過程における人的なものであると考えられ、その精度と適用性は十分に

検証出来た。また、本解析手法の最大の特徴は、各種解析方法ではモデル化が不可能と思われるような複雑な空洞形態をはじめ、地盤内部で生じる様々な地盤内変位分布の影響算定に対して広範に適用可能な点にある。

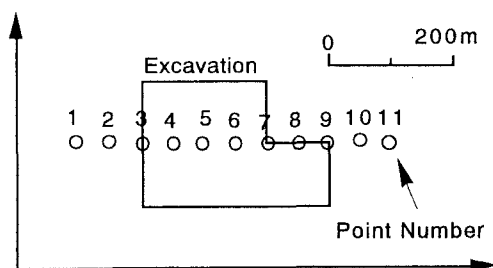


図1 解析モデル平面図

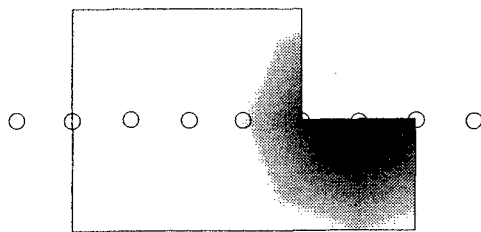


図2 解析過程イメージ図

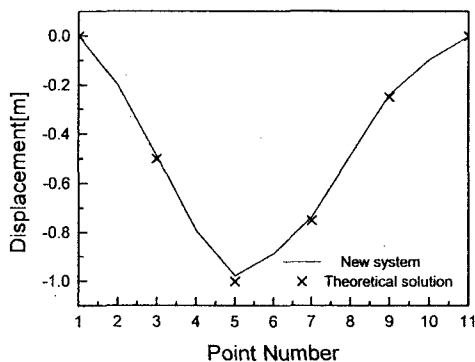


図3 解析結果

参考文献

- 1) 江崎哲郎 他(1994): 第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, 749-754.
- 2) ITC(1997): The Integrated Land and Water Information System User's Guide, ITC