

震災前後の空中写真を用いた地表の三次元ひずみの解析

信州大学工学部

学生員

○中間 精

正会員

吉澤 孝和

§ 1 はじめに

本研究は兵庫県南部地震の震災前後に撮影した神戸市住吉地区の空中写真を比較して、両方の写真上に共通に撮影されている地表物体の上に変位追跡点を選定し、写真計測によって得られた変位追跡点の三次元座標の変動を解析して、集団的に移動するブロックを判別し、各ブロックを一つの連続体と仮定して弾性学的なひずみの解析を試みるものである。

§ 2 解析手順

地震発生前を時点1、地震発生後を時点2として、それぞれの空中写真の写真判読によって変位追跡点を得る。まず、すべての変位追跡点の時点1と時点2における三次元座標の変動量から水平変位量を求め、それを地図上に直線で表すことにより変位追跡点がどのような挙動を示したかを表すベクトル図を作成する。(図-1)。

次に任意の一つの変位追跡点を基準として、周辺の他の点との時点1における3次元距離で時点1と時点2における3次元距離の差を割ることによって2点間の線ひずみを得ることができる。

ここで、2点間の距離の線ひずみが微小である場合は、その2点間を連続体とみなすことができる。このような変位追跡点の組み合わせが比較的近距离に集団的に存在している場合、これらの点に囲まれる一帯は等方等質な一つのブロックとして考えることができる。そしてこのブロックに平面ひずみの理論を適用することができる。

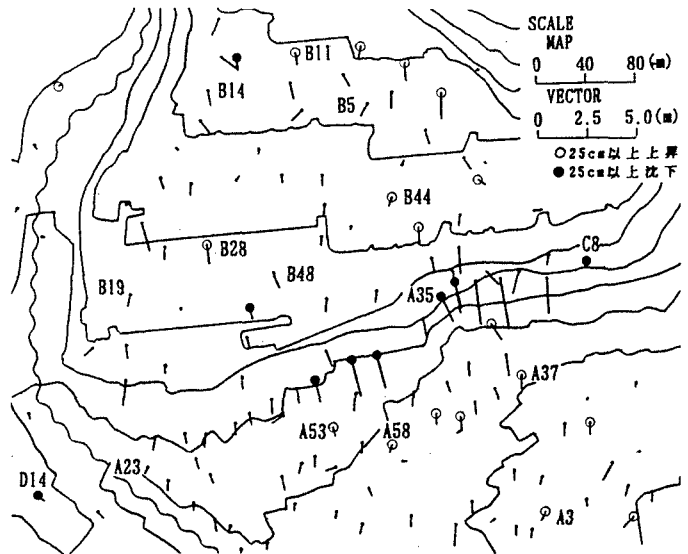


図-1 神戸住吉地区の水平変位ベクトル図

平面直角座標系 OXY において、ブロックの中の1点(o)から(i)点に向かう直線の、 X 軸からの方向角を θ_i 、この直線の水平線ひずみを ϵ_i とする。 ϵ_x, ϵ_y を座標方向の線ひずみ、 r_{xy} をせん断ひずみとすれば、次式が成り立つ。

$$\epsilon_i = \epsilon_x \cdot \cos^2 \theta_i + \epsilon_y \cdot \sin^2 \theta_i + r_{xy} \cdot \cos \theta_i \cdot \sin \theta_i \cdots (1)$$

ブロックの中の他の2点(j), (k)に対してもこれと同様の式が成り立つ。よってひとつのブロックの中で1点を中心とした3本の直線の水平線ひずみと方向角が与えられれば、3元連立方程式を解いて、 $\epsilon_x, \epsilon_y, r_{xy}$ を求めることができる。これより主ひずみに関する

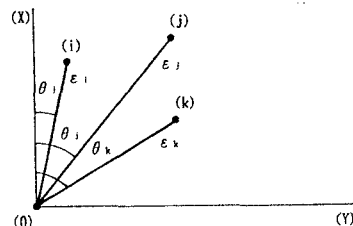


図-2 座標系 OXY における線ひずみ

る次の諸量が得られる。

$$\text{主ひずみ} : \varepsilon_1, \varepsilon_2 = [\varepsilon_x + \varepsilon_y \pm \{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + \tau_{xy}^2\}^{1/2}] / 2 \quad \dots (2)$$

$$\text{主ひずみ方向角} : \tan 2\theta = \tau_{xy} / (\varepsilon_x - \varepsilon_y) \quad \dots (3)$$

$$\text{面積ひずみ} : \lambda = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad \dots (4)$$

$$\text{最大せん断ひずみ} : \tau_{\max} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \quad \dots (5)$$

各点において主ひずみと主ひずみ方向角の平均を計算する場合、2点間の距離が非常に離れすぎていても正確な線ひずみをとらえにくいと判断されることから、ここでは（時点1における2点間の距離） ≤ 100 （m）という制限を設けた。次にある点を基準とした他の点との距離変動量が15（cm）

以下という制限を設けて、それらの条件に当てはまる点の組み合わせをすべての点において調べその主ひずみ及び主ひずみ方向角の平均を求めた。

基準点（O）と周辺の点（A）,（B）,（C）との組み合わせの平均的なパターンには、（図-3）のように大別される。このうち、type 3, Type 4の様な場合の点の組み合わせは主ひずみ及びせん断ひずみが異常な数値をとる。よってtype3 の場合は周囲の3点を作り出す三角形の角度が一つでも 10° 以下または 170° 以上の場合には不適当とした。type 4の場合は四辺形の4つの内角において同様の基準を設け、不適当と判断された組み合わせは解析結果を平均する時の数には加えないこととした。

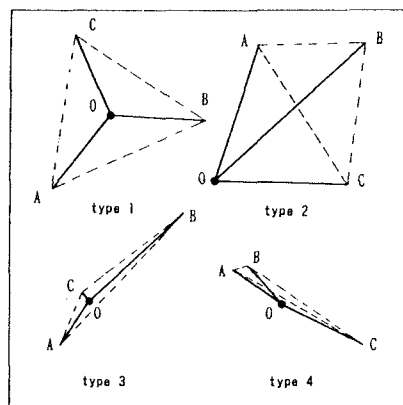


図-3 組み合わせのパターン

§3 考察

以上より各点の主ひずみの大きさ及び主ひずみ方向角の平均を求め、地形図上に描いたものが（図-4）である。これを基にして考察を行う。

i). （図-1）において点 A35付近の沈下している部分は地震によって道路の一部が滑落した地域である。この地域にある点はその周辺の点との線ひずみが大きく条件の外にあるので（図-4）には描き出されていない。

ii). 主ひずみの大きさが南北方向の引っ張りに対して東西方向の圧縮の方が他の点に比べて大きな点に関しては一様に震災後の標高が震災前に比べて上昇している傾向がある。

iii). また、変位追跡点の目標物が同一の施設上にあるもの及び同一道路の路線上にある点の集合は同じベクトル方向と主ひずみの大きさ、方向角がほぼ似たような値を示しており、地表の変位が地表物の影響を受けていることが分かる。

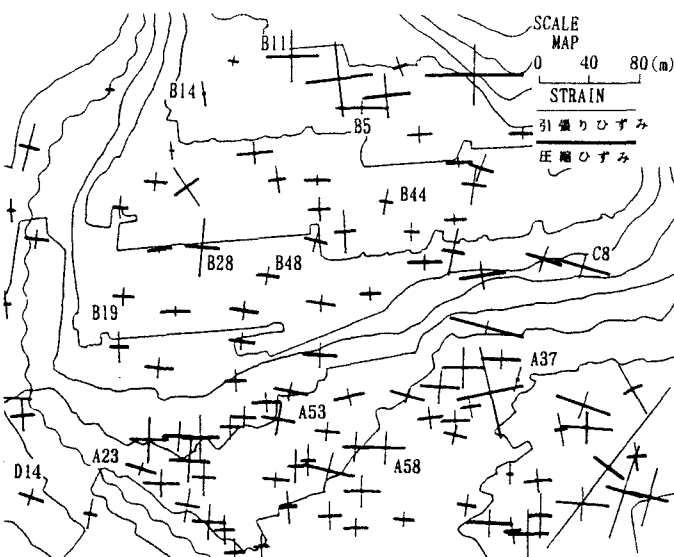


図-4 神戸市住吉地区の主ひずみ及び主ひずみ方向角