

### 3 - 8 川崎地盤隆起の浮力による解釈

#### Interpretation of land upheaval in the Kawasaki area due to buoyancy induced by groundwater

東京大学地震研究所 恒石幸正

Yukimasa Tsuneishi

Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

川崎地域で1970年以降顕著になった隆起現象は地下水汲上げ規制による地下水位の上昇と密接な関係がありそうなことが明らかとなっている(岸和男・永井茂, 1975)。同時に, この隆起が地下水面より下の数10m以深の部分からおきていることも指摘されている(国土地理院, 1976)。このような事実にもとづいて, 次のような隆起のメカニズムを提案する。

- (1) 地下水汲上げ規制の結果, 地下水位が上昇する。
- (2) 新たに水浸した部分の地層は浮力をうけ, その分だけ軽くなる。
- (3) 地下水面以下の地層は上位の荷重の減少によって弾性的に伸張し, 隆起をうながす。
- (4) 地下水位上昇によって増加した水圧は地層を体積的に圧縮し, 鉛直方向の効果として沈降をうながす。
- (5) しかし, (4)による沈降の効果は(3)による隆起の効果より小さく, 全体として隆起する。

川崎地域の地下は上総層群および鎌倉層群の砂岩・シルト岩によって主に構成されており(福田他, 1976), これらの岩石は porous である。また, 深さ数10mの井戸の水位も深さ1000mの井戸の水位もほとんど変わらないことから, 岩石中の pore は互いに連結されていると考えられる。このような状態は提起されたメカニズムが成り立つためにまず必要な条件である。

第1図に示されるように任意の深さでの力の釣合を考える。単位断面積の鉛直方向のコラムにおいて, 地表からの深度Hでの水面にはたらく応力Pはそれより上位の岩石の重さと地下水の重さに等しいから,

$$P = \rho g H + n g h \quad (\rho: \text{岩石の密度}, n: \text{間隙率}, h = \text{地下水面までの高さ}, g = \text{重力加速度})$$

Pは岩石が保持する応力 $P_s$ と間隙水圧 $P_w$ との和であるから,

$$P_w = g h,$$

$$P_s = \rho g H - (1 - n) g h$$

したがって, 水位が $\Delta h$ だけ上昇する際の応力の変化は,

$$\Delta P_w = g \Delta h$$

$$\Delta P_s = - (1 - n) g \Delta h$$

水位が上昇し間隙水圧が増加すると、岩石は体積的に圧縮されるが、その割合は、

$$\Delta V / V = \frac{1}{k} \Delta P_w \quad (k: \text{体積弾性率})。$$

地層が横方向に拘束されていない場合には、岩石は等方的に圧縮され、体積歪の  $1/3$  が沈降の効果として現われるであろう。

一方、水位上昇によって、岩石の固体部分が保持する応力  $P_s$  は減少するので、地層が横方向に拘束されていない場合には、次式の割合で弾性的に伸張し、隆起の効果が現われる。

$$\Delta l / l = \frac{1}{E} |\Delta P_s| \quad (E: \text{ヤング率})。$$

地層が横方向に拘束されていて、すなわち横方向の歪変化が0のときには、ポアソン比を0.25とすると、 $P_w$ の増加による沈降の効果は $\frac{5}{3}$ 倍になり、 $P_s$ の減少による隆起の効果は $\frac{5}{6}$ 倍に修正される。

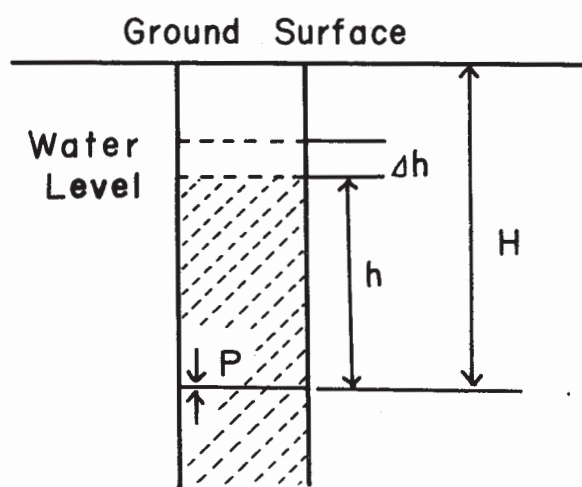
上記のメカニズムによって期待される隆起量を算定するためには、このメカニズムがはたらきうる地層の厚さを与えなければならない。地質調査所(1976)によって決められた川崎地域の地下構造(第2図)を見ると地下2.7Kmのところには2.8Km/sと4.8Km/sの速度層の境界があるので、地層の厚として2.7Kmを採用する。水位上昇 $\Delta h$ は20mとする。地下の岩石物性の値は井波・星野(1974)によって新潟油田の新第三系泥質岩について求められたものを用いる。それによると、1.5Kmの深度で間隙率は0.3、圧縮率は $5 \times 10^{-5} \text{ b}^{-1}$ である。ポアソン比を0.25としてヤング率の逆数 $\frac{1}{E}$ を求めると $3.3 \times 10^{-5} \text{ b}^{-1}$ となる。ただし、試験は乾燥試料について行われているが、いま川崎の地下に想定している岩石の状態はporeが互いに連結され間隙水が自由に移動しうると仮定しているので、この値を用いてよいと考える。しかし、間隙水圧上昇による岩石の圧縮率としては、井波、星野(1974)によって求められた値を使用することはできず、岩石の構成粒子の代表的なものである石英の圧縮率 $0.27 \times 10^{-5} \text{ b}^{-1}$ を採用する。

地層は横方向へ変形しなかったと仮定した場合の計算結果は次のとおりである。

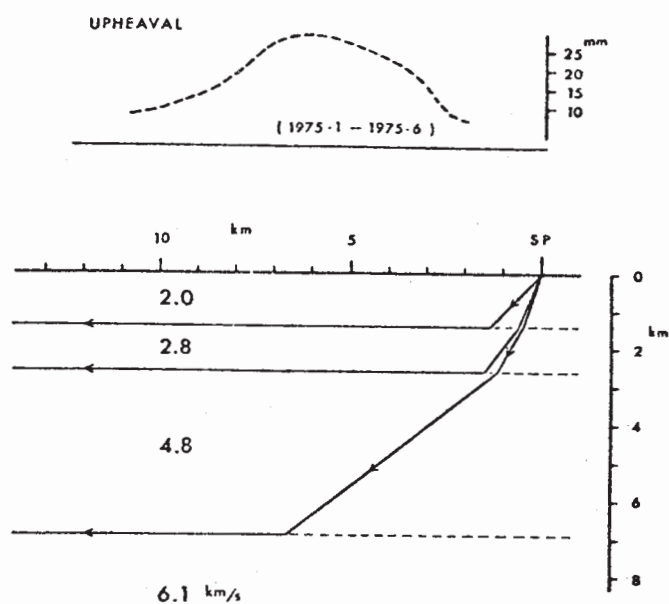
間隙水圧の上昇量 $\Delta P_w = 20\text{b}$ 、岩石の固体部分の保持する応力の減少量 $|P_s| = 1.4\text{b}$ 、荷重減少による伸長性の歪 $\Delta l / l \times \frac{5}{6} = 5.5 \times 10^{-5}$ 、水圧増加による収縮性の歪 $\Delta V / V \times \frac{1}{3} \times \frac{5}{3} = 0.3 \times 10^{-5}$ 。鉛直方向の総合的な歪は $5.2 \times 10^{-5}$ となり、地層の厚さを2.7Kmとすると隆起量は14cmとなる。観測されている隆起量は7cmであるが、このちがいは岩石の物性定数のとり方および現実の隆起域が半径3Kmの範囲に局限されていることなどによるものであろう。

参 考 文 献

- 1) 地質調査所：川崎付近における地震波速度変化の観測（第1回，第2回扇島爆破実験），連絡会報，16（1976），60～65.
- 2) 福田理・垣見俊弘・河内英幸・高木慎一郎・田中信一：川崎地区水位・水質観測井について～その1 坑井編①～，地質ニュース，259，1～14，1976.
- 3) 井波和夫・星野一男：堆積岩の圧縮率と圧密について，石技誌，39，357～365，1974.
- 4) 岸和男・永井茂：川崎における異常地盤隆起の原因を探る。地質ニュース，254，22～31，1975。
- 5) 国土地理院地殻調査部：多摩川下流域での上下変動，連絡会報，15（1976），37～40



第1図 地下深度Hにおける応力P  
Fig. 1 Stress P at a depth H below the ground surface.



第2図 川崎地域の地下構造（地質調査所，1976）。  
Fig. 2 Subsurface structure in the Kawasaki area (Geological Survey, 1976).