地表沈下量計算式における影響係数について*

正 会 員 平 松 良 雄**

正 会 員 小 門 純 一***

On the Influence Factor Concerning Surface Subsidence

Yoshio HIRAMATSU, Junichi KOKADO

It has been pointed out that the influence factor concerning estimation of the surface subsidence is, in strict meaning, to be determined not only by the area mined out but also by the property of the ground, and that the methods to determine the factor heretofore in use, such as Bals' method, have no theoretical background. A method to determine the factor taking into account the surface subsidence curve obtained from field survey has been suggested, besides a simple and convenient method for the case the data are not available has also been proposed.

1. 結 論

地表沈下量計算式における影響係数を求めるには Keinhorst 氏の方法¹⁾、またはさらに精密であるといわれている Bals 氏の方法²⁾あるいは西松氏の方法³⁾が発表されている。これらはいずれも解析的に影響係数を定める方法であるが、その解析の前提に不備な点が認められ納得し難い。そこで筆者達は合理的な影響係数の求め方について研究を行った。

2. 従来の影響係数計算法の批判

Keinhorst 氏の方法は簡単な仮定に基いているから、Bals 氏の方法だけについて検討しておけば十分であろう。なお西松氏の方法も結局 Bals 氏の基礎式によっている。

Bals 氏は採掘した部分が地表の一点 P に及ぼす影響率 K は採掘した各微小部分 i から P 点までの斜距離 f の自乗に反比例するものと仮定している。この仮定の可否は別にしても、 K は幾何学的条件の他に、土地の性質状態にも関係する値であるが、上記の仮定ではこの点が考慮に入れられていない。さらに Bals 氏が提案した K を与える方程式は彼の仮定を忠実に表現していない。すなわち第 1 図に示すように炭層の深さを h (m)、P 点と微小部分 i とを結ぶ直線が鉛直をなす角を ζ 、限界角 γ の余角を ζ_0 とすると、完全面全体を採掘したときの影

響率 K は

$$K = \int_0^{\zeta_0} \frac{i}{f^2} d\zeta = \frac{i}{h^2} \int_0^{\zeta_0} \cos^2 \zeta d\zeta \quad (1)$$

で与えられているが、この式では同一斜距離をもった採掘空洞の影響率は面積に比例することが示されていない。Bals 氏の仮定を正しく書き表すならば、微小面積を慣例にしたがって di と記し、比例常数を O とすれば K を与える方程式は次式でなければならない。

$$K = O \int_{i_0}^i \frac{1}{f^2} di \quad (2)$$

ここに i_0 は採掘面積中 P 点に関する完全面内にある部分である。(1) 式と (2) 式とを比較すれば両者の違いは明らかであるが、(2) 式を変形すれば

$$K = 2\pi O \int_0^{\zeta_0} \tan \zeta d\zeta \quad (3)$$

となり相違は一層明らかになる。

最後に K に関する Bals 氏の方法の内容についていえば、土地の性質状態を考慮して決めていない点はともかくとして、結果が実際によく合えばそれで差支えないが、この論文の 5 に述べるように文献に現われた資料を基礎として検討したところによれば彼の仮定は必ずしも当を得ていないように思われる。

3. 影響係数と土地沈下状態との関係

地層、炭層および地表は水平で、各層が物質であれば、

第 1 図

* 昭和31年5月21日受理、昭和31年度日本鉱業会春季大会において講演

** 工博 京都大学教授、鉱山学教室

*** 京都大学助教授、鉱山学教室

† Bals は die Kraft (力) という言葉を使っているが、力学上の“力”と混同する恐れがあるので“率”と意訳した。

めておく。 m', n' はいずれも点の番号 $1', 2', 3' \dots$ を表わすものとし、任意の分割点 n' を中心とし、二つの点 $m', m'+1$ を通る同心円で囲まれた面積内にあるすべての部分の点 n' に対する影響函数の値は等しいものと仮定する。さて地表の点 1 の沈下量 s_1 に関係するのは採掘面積の内 $1'$ 点を中心とし、 R を半径とする円内に含まれる部分だけである。この円周が直線 L と交わる二つの点を $1Q_{14}, 1Q_{14}'$ とする。この表わし方において前の添字 1 は円の中心が $1'$ 点であることを示し、後の添字 14 は円の半径が $\frac{14}{14}R$ であることを示す。したがって例えば点 nQ_m は点 n' を中心とし $\frac{m}{14}R$ を半径とする円周と直線 L との交点を示すものである。(ただし $m \leq 14$)。したがって地表の点 1 の沈下量 s_1 に関して (9) 式から次式を得る。

$$\frac{s_1}{s_P} = F\left(\frac{r}{R}\right) \cdot \text{面積}[1Q_{14}-14-1Q_{14}'-15-1Q_{14}]$$

この式において $F(r/R)$ だけが未知数であるからこの値を求めることができる。こうして求められた $F(r/R)$ の値は弓形の中央の点に関するものであると考え、この点と点 $1'$ との距離が $27R/28$ であることからこれを $F|r=27R/28$ と記することにする。

つぎに点 $2'$ を中心とし R および $13R/14$ を半径とする円を画けば、これらの円周が直線 L と交わる点はさきの規約により $2Q_{14}, 2Q_{14}', 2Q_{13}, 2Q_{13}'$ と記することができる。点 2 の沈下量 s_2 に関係するのは弓形的面積 $[2Q_{14}-14-2Q_{14}'-16-2Q_{14}]$ であるが、この面積の中で切断された環の面積 $[2Q_{14}-2Q_{13}-15-2Q_{13}'-2Q_{14}-16-2Q_{14}]$ に対する $F(r/R)$ の値は上に得た $F|r=27R/28$ である。よって

$$\frac{s_2}{s_P} = F|r=27R/28 \cdot \text{面積}[2Q_{14}-2Q_{13}-15-2Q_{13}'-2Q_{14}-16-2Q_{14}] + F|r=25R/28 \cdot \text{面積}[2Q_{13}-14-2Q_{13}'-15-2Q_{13}]$$

であつて、この式の中で函数値 $F|r=27R/28$ だけが未知数であるから、この値も計算できる。さらに点 $3', 4', 5' \dots$ について上記と同様の計算を進めて行くことによ

つて、種々の r/R の値に対する影響函数 $F(r/R)$ の値が決定できる。第 1 表の資料を基とし、上記の方法によつて $F(r/R)$ を計算し、この分布状態を示せば第 4 図曲線 I のようである。計算値を示す点が一つの曲線上から偏れているのは第 1 表に示した基礎資料の不備に由来する。

二つの平行直線 L, M 間を採掘された場合に限らず、どのような場合の地表沈下曲線を与えられても、同様のやり方によつて $F(r/R)$ を求めることができる。

5. 影響係数の求め方

影響係数は (6) 式に示すように影響函数 $F(r/R)$ を採掘面積について積分することによつて求められるが、現場では完全面を同心円群と放射線群とで影響係数の相等しいいくつかの部分に分け、各部分の中の採掘面積と未採掘面積との比率を図上で求め、その結果から近似的に求めるのが簡単であり、また精度も十分であろう。

この放射線は完全面を角度によつて等分するもので完全面の中心を通り 360° を例えば 10 等分する直線群である (第 6 図参照)。また上記の同心円も完全面を等分するもので、その半径は次のようにして求められる。

いま P' 点を中心とし半径 r なる円の内部を完全に採掘した場合の P 点に対する影響係数を $e(r/R)$ とすると

$$e(r/R) = \int_0^r F\left(\frac{r}{R}\right) d\theta = 2\pi \int_0^r F\left(\frac{r}{R}\right) r \cdot dr \quad (10)$$

函数 $F(r/R)$ が既知である場合、 $e(r/R)|_{r=R}$ を例えば 5 等分する同心円の半径 r_1, r_2, r_3 および r_4 は図解によつて容易に求められる。さきの資料について r/R と $e(r/R)$ との関係を求めた結果は第 4 図曲線 II のようである。計算値を示す点が集まるのは曲線 I と同様基礎資料の不備に由来する。この結果によれば完全面を影響係数の相等しい五つの部分に分割する円の半径は (11) 式で与えられ、第 5 図右側のようになる。

$$r_1=0.17R, r_2=0.31R, r_3=0.44R, r_4=0.59R \quad (11)$$

参考のために Bals の方法によつて $\phi_0=53^\circ$ として同じ

第 4 図

第 5 図

第 6 図

完全面を5分割すれば第5図左側のようなものである。両者を比較すると中央部では比較よく一致するが、Balsの方法では周辺部の採掘の影響が過大に評価される傾向が認められる。もし完全面に対する採掘面積の関係が第6図のようであるとすれば、Bals氏の方法による影響係数は $e=0.37$ 、筆者等の第1表の基礎資料に基づく分割法によれば $e=0.33$ となる。元来影響係数を決定するためには各鉱山の地表沈下状態を測量によつて求め、それを基礎として $F(r/R)$ を計算し、上記のようにして完全面の分割を行うべきであるが、実際には信頼し得る地表沈下曲線を求めることは難しいかもしれない。もし各鉱山についての沈下曲線の資料が得られなくても、各地域に一般的な資料が得られれば、それに基づく分割法を採用してもよい。暫定的には独逸において得られた第1表の資料に基づく分割法を採用しておくのも一方法と思う。この方法によれば R を知れば(11)式によつて直ちに各同心円の半径を決定でき、しかもある程度理論的根拠を有する長所がある。

6. 結 論

地表沈下量計算式における影響係数は採掘された部分の形の大きさおよび地表の点に対する関係位置のみならず土地の性質状態にも関係する値であつて、最後の要素はある採掘面積に対する地表沈下量曲線が与えられれば理論的に求められるし、またこの要素を考慮に入れて影響係数を決定できる。したがつて影響係数を求める従来の方法は理論的には不完全である。

影響係数を求める際計算の基礎とする地表沈下量の資料は得難いかも知れないので、資料が得られるまでの暫定的方法として、文献に現われる資料に基づく影響係数の簡単な求め方を提案し、それによる結果を従来の方法による結果と比較して示し、その差異を明らかにした。

参 考 文 献

- 1) H. Keinhorst: Glückauf 1934, s. 149~155, s. 95, 127, 133.
- 2) R. Bals: Mitt. aus dem MarkScheidewesen 1931/32, s. 32, 38, 97 u. f. 237 u. f..
- 3) 西松裕一: 日本鉱業会誌 第72巻, 第813号, 昭和31年3月, 117頁

鉱車の居付き取り装置

鉱車の函底に湿った粉鉱の居付きが生じて、そのため運搬容量が低下することは、よくあることである。英国の Humphreys and Glasgow Limited (Humphreys House, Carlisle Place, London, S. W. 1) は最少の労力で効果的に居付きを落とす装置を製作した。

第1図は水平架台式のもので小型鉱車に適し、スター・デルタ起動の全密閉式 5HP モータで駆動される。構造は2本の前方に突出したジブの先端に、矢車状のワイヤブラシがついたものであつて、この回転ブラシとジブの重量はモータおよび制御装置とバランスされており、装置全体は中央の1本の水平軸を介して、ピニオンとラックによりコンクリート床の上に支持されている。ブラシの前後の運動はこのピニオンとラックにより、また左右の

第 1 図

移動は水平軸に平行についているウォーム・シャフトによつて行われる。これを使用する場合はチップラで鉱車を90°だけ倒して掃除し、さらに90°倒して中の粉鉱を下のホッパに落とすのである。

操作は1人で行う。モータを起動すれば、チェーンでブラシが駆動される。運転手は操縦棒で装置を前後左右に動かす。装置の中央には粉じんよけの鋼板と、カンバスのカーテンがついている。

第2図は垂直吊下式の装置でブラシの回転も移動もすべて動力によつて行われる。

(Cleaning Mine Cars. Mine and Quarry Engineering, July, 1956, 298~299 より) (今 泉)

第 2 図