

V 状堆積土層の自重による弾性沈下について

東京工業大学 正員 山口 柏樹

, 木村 孟

, 成田 国朝

§1 まえがき：アースダムが谷状部に作られることは少なくない。しかし、この場合の堤体の沈下や内部応力に関しては未知な点が多く、余剰値の決定その他の問題に対して過去のデータに負うところが大きい。本論文はこの種の問題について解析を試みようとするもので、一例としてV字型谷部での堆積土層を対象としてその自重による弾性沈下を取り扱う。上述のように境界が複雑な問題に対しては有限要素法 (Finite Element Method) が適している。この方法では沈下のみならず内部応力も求められるが、応力については次の機会に述べたい。なお、計算に際しては東大大型電子計算機センター HITAC 5020 を利用した。

§2 有限要素法の適用：有限要素法についてここではその概要を述べることにし、詳細は成書（例えば、Zienkiewicz, 1967）に譲る。この方法を弾性体等の連続体に適用する場合、これを有限の節点で結合された有限の要素に分割し、各節点で釣合方程式を満足させる。次に個々の要素の集合体として理想化された構造物を解いて節点での変位を求め、更に応力-変位係を用いて各要素の応力を決定する。二次元問題では三角形要素を用いることが多く、この場合各要素は3つの節点を有する。各節点ではX, Y 2方向の変形が生じるから、ある要素内の釣合方程式は 6×6 の stiffness matrix $[K]^e$ を用いて

$$[K]^e \{r\}^e = \{R\}^e \quad \dots \dots \dots (1)$$

で表わされる。ここで $\{r\}^e, \{R\}^e$ は各々 6×1 の変位マトリックス及び外力マトリックスである。要素の集合体の釣合方程式も (1) と同様に書け、

$$[K] \{r\} = \{R\} \quad \dots \dots \dots (2)$$

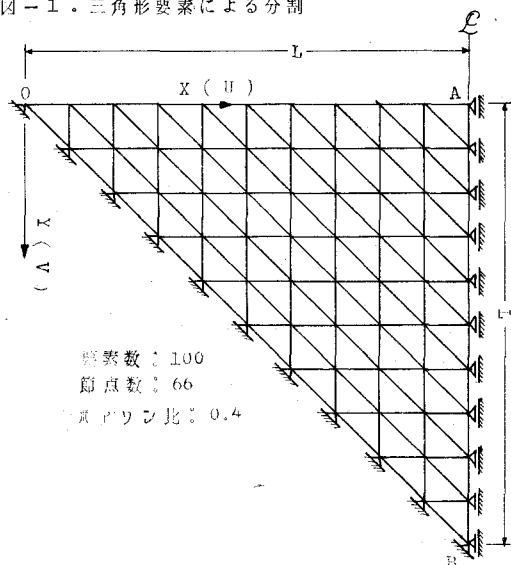
となる。

本研究で取り扱っているV状堆積土層（平面変位仮定）ではこれを図-1のように三角形要素に分割する。対称性からAB上ではX方向の変位はなく、また谷の斜面OB上では完全に拘束されているものとする。

§3 計算結果：数値計算に際してはポアソン比を0.4とした。また単位重量 γ , ヤング率 E , 谷の深さ L (谷の傾斜角を 45° としたからこれは谷幅の半分でもある；図-1) をすべて1.0で計算した。これは(2)式の $[K]$ 及び $\{R\}$ が各々 E 及び L^2 に比例しているため $[K] = E[K']$, $\{R\} = L^2 \{R'\}$ とかけ、従って(2)式は

$$[K'] \{r'\} = \{R'\} \quad (r' = \frac{E}{L^2} r) \quad \dots \dots (3)$$

図-1. 三角形要素による分割



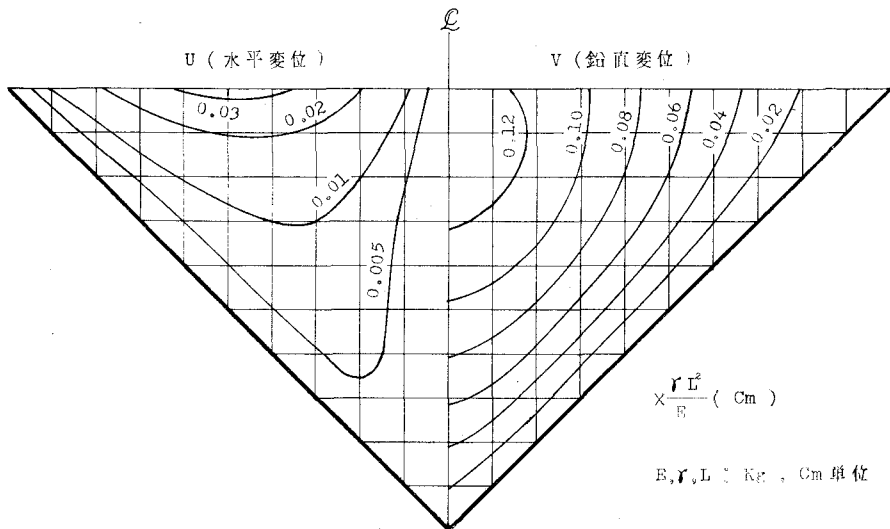
となるから、(3)式を解いて得られた $\gamma'(E, \delta, L=1.0)$ に $\delta L^2/E$ を乗じたものが実際の変位 μ になる故である。但し、 E, δ, L はすべて kg/cm 単位を用いることに注意せねばならない。

図-2に変位の計算結果を示す。鉛直変位は谷中央付近で大きく、しかも水平変位が中央方向に生じているから、結局堆積土層では谷の中央に向ってずり落ちるような変形が起っていると考えられる。他に適当な解析例がない為、ここではEL INFIERNILLO DAM²⁾の実測結果と比較することと試みる。

このダムは平均傾度約 45° のV字谷に作られたアースダムで、高さ δ が幅が各々約 150m 、 350m である。実測データからダム中央部を形成するコアの沈下量は大体 4.25m と推定される。この値は谷の中央から約 40m 岸寄りの奥の値である。その付近の沈下は図-2から鉛直変位 $0.12 \delta L^2/E$ をもちいて計算すると 5.60m になる。ここで $L=150\text{m}$ 、 $\delta=2\text{t/m}^2$ とし、 E は圧密試験のデータ $e \sim \log p$ 曲線から推定して 97kg/cm^2 とした。

以上の結果、計算沈下量と実測沈下量とは一応の一致を見たが前者が後者より幾分大きい。その理由として圧密データから E を推定したことが考えられる。すなわち、この場合 E は弾性係数というより変形係数と言われるべきものであって、弾性係数としてはかなり過小評価されている可能性がある。

図-2. 変位 (ポアソン比: 0.4)



§4 あとがき: 上に述べたように実際のダムの沈下面積を把握するには数多くの場合について計算を試みる必要がある。その一部として、段階施工の場合、斜面が滑らかな場合について目下計算中である。これ等に関して結果を整理次第発表する予定である

参考文献:

- Zienkiewicz, O.C.; *The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics*, McGraw-Hill, 1967
 Marsal, R.J. & Arellano, L.R.; *Performance of EL INFIERNILLO DAM*, Proc. A.S.C.E. vol. 93 No. SM4