

長崎大学工学部 正会員 伊勢田 哲也

〇 棚橋 由秀

1. まえがき

軟弱地盤上に盛土を築造した場合、盛土は地盤の圧密作用によって沈下する。しかしながら状況によっては破壊には至らないまでも、盛土の長期間の沈下、圧密計算から推定されるよりかなり大きな沈下量を伴う。これは地盤が単に圧密を受けて盛土が沈下するというものの外にセン断による地盤内の変形が考えられる。また盛土の形状寸法、軟弱地盤の深さとも関係が深いものと考えられ、これらを含めて沈下変形挙動を模型実験により観測するとともに、計算により変形解析を行わんとするものである。

2. 試料および模型実験方法

i) 試料：諫早市本明川河川敷粘土（潟土）

ii) 土性：自然含水比 155.92%， $LL = 80.24\%$ ， $PL = 50.67\%$ ， $G_s = 2.49$ iii) 試料成形方法：粘土をかく持した後、420μフルイにかけ実験槽に入れ、 0.14 kg/cm^2 の載荷重を加え、12日間放置した。iv) 成形後試料の土性、強度：自然含水比 147%， $\gamma_u = 0.67 \text{ kg/cm}^2$

v) 実験装置および観測方法：（図-1 参照）

実験槽（高さ 90 cm）×（幅 120 cm）×（奥行 30 cm），底面に砂層を設け排水させ、前面はアクリル板で透明方眼板を付着。

載荷装置 薄いゴムマットの上に鋼製載荷板（幅 3 cm × 長さ 29 cm；7個，合計載荷幅 21 cm）を設置、天秤により応力制御で載荷。

観測方法 土中の変位は 5～10 cm 間隔に埋設した標点の移動を計測。

地表面の変位はダイヤルゲージで、載荷板の変位はノギスで計測。

vi) 実験条件：

載荷条件 盛土台形荷重を階段荷重で近似。

厚 65 cm（敷幅の約3倍），42 cm（敷幅の2倍），21 cm（敷幅）の3種類。

3. 解析方法

解析には八面体応力-ひずみ理論に基づく非線形有限要素解析・反復法を適用した。

i) 応力-ひずみ曲線：八面体応力-ひずみ理論によれば、任意の応力（ひずみ）レベル $\sigma_{ij} = \frac{1}{3} \delta_{ij} \sigma_{kk} + \bar{\sigma}_{ij}$ ， $\varepsilon_{ij} = \frac{1}{3} \delta_{ij} \varepsilon_{kk} + \bar{\varepsilon}_{ij}$ における材料の割線セン断弾性係数 G および割線体積弾性係数 K は次式で与えられる。

$$G = \tau_{oct} / \gamma_{oct}, \quad K = \sigma_{oct} / (3 \times \varepsilon_{oct})$$

$$\text{ただし } \tau_{oct} = \sqrt{\frac{\bar{\sigma}_{ij} \bar{\sigma}_{ij}}{3}}, \quad \gamma_{oct} = \sqrt{\frac{\bar{\varepsilon}_{ij} \bar{\varepsilon}_{ij}}{3}}, \quad \sigma_{oct} = \frac{\sigma_{kk}}{3},$$

$$\varepsilon_{oct} = \frac{\varepsilon_{kk}}{3}, \quad \text{ここに } \delta_{ij} \text{ はクロネッカーのデルタ,}$$

σ_{kk} , ε_{kk} はそれぞれ応力、ひずみの1次不変量， $\bar{\sigma}_{ij}$, $\bar{\varepsilon}_{ij}$ はそれぞれ偏差応力テンソル，偏差ひずみテンソルの成分である。

模型実験に用いた飽和粘土に、応力制御で排水条件の平均主応力一定試験および等方圧縮試験を行ない、それぞれ

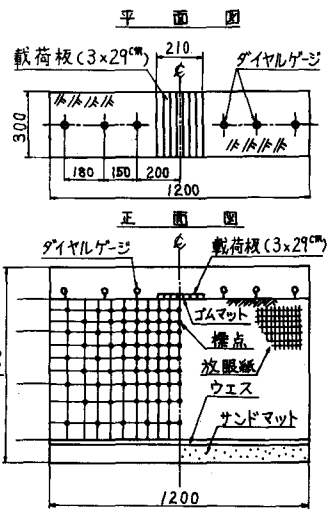


図-1 実験槽

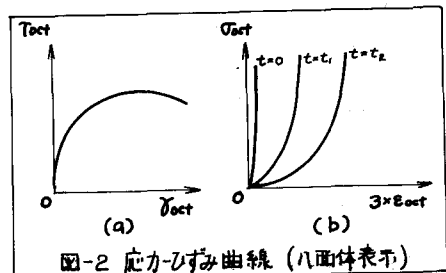


図-2 応力-ひずみ曲線（八面体表示）

不変量表示の応力-ひずみ曲線 $\sigma_{oct}-\delta_{oct}$ 曲線 (図-2(a)) と、時間 t をパラメータとする $\sigma_{oct}-3\times\epsilon_{oct}$ 曲線 (図-2(b)) を得る。ここに (a) 曲線は、土のせん断変形 (側方流動現象) の特性を示し、(b) 曲線は土の圧縮変形 (連時次下圧密現象) の特性を示す曲線である。

ii) 解析方法とその特徴；連続体材料はひずみ状態により応力状態が一義的に定まるという仮定に基づき、不変量表示の非線形応力-ひずみ曲線 図-2(a)、(b) 上の状態になるまで G, K を反復修正して最終的日解 (変位) を求めようとするもので、本解析の特徴は 1) Strain-Softening は材料の変形解析も可能、2) 一般的なる軸応力状態での応力-ひずみ挙動の入力 (不変量表示)、3) K, G (or E, ν) 両方の非線形性を考慮、4) 土のせん断変形と圧縮変形 (圧密現象も含め) の定量的解析可能。

iii) 本解析に用いた仮定； 1) 連続体材料、2) 等方性材料；1) したがってダイラテンシーの顕著でない材料にのみ適用可能。3) 応力-ひずみマトリックスの正値対称性；(したがって応力履歴の顕著でない材料にのみ適用可能。4) 応力の不変量の単調増加すなわち負荷過程のみを考慮。5) 時間効果は、土の圧縮変形にのみ存在し、土のせん断変形には存在しない。

4. 実験結果

層厚 65 cm の場合について述べる。

i) 地盤内の変位； 載荷後 146.5 時間 (約 6 日間) 経過した時点での地中の変位は次のようになる。

鉛直変位 鉛直変位の等値線図 (図-3) からわかるようにかなり広い範囲に変位が分布している。また載荷面下をみると、載荷幅の 5 倍の深さまで沈下が生じている。

水平変位 水平変位の等値線図 (図-4) に示すように載荷面直下では生じなく、載荷幅の約 1.5 倍程中心より離れた点が水平変位最大で、鉛直方向より横方向に卓越しているのが読みとれる。

ii) 地表面の変位； 図-5 に地表面の沈下変形形状を示し、表-1 に地表面①～⑦の測点の時間一次下量を掲げた。載荷面が大きく湾曲し、載荷面から最も離れた測点⑦では隆起が生じている。

5. 解析結果

解析結果と、実験結果の詳細は当日会場で報告する予定である。

6. 謝辞

本実験を担当した本学卒業生・井上和則・岡林実両君に謝意を表する。

7. 参考文献

- 1) 細干寿夫・安部豊彦；“部分荷重による軟弱地盤の土中ひずみ分布および塑性域の発達について” 第6回土質工学研究発表会講演概要集 PP. 327～ (1971)
- 2) 持永竜一郎・山本武夫；“軟弱地盤の変形に関する模型実験一層の薄い場合について” 第4回土質工学研究発表会講演概要集 PP. 525～ (1969)
- 3) C.V. Grijjavalabhan・L.C. Reese；“Finite-Element Method for Problems in Soil Mechanics” J. of Soil Mech. & Fnds. Div. Proc of ASCE. SM2 PP. 473～496 (1968)

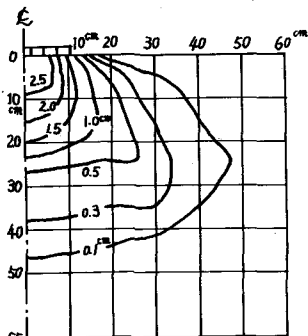


図-3 鉛直変位等値線

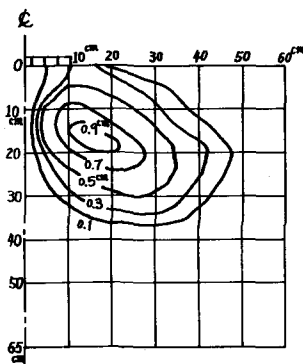


図-4 水平変位等値線

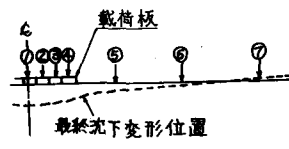


図-5 地表面の沈下変形

表-1 地表面の時間一次下量

時間	3'	72'30"	146'30"
沈①	-11.9	-25.5	-35.3
下②	-9.7	-24.2	-33.4
隆③	-9.5	-22.4	-29.9
起④	-8.4	-17.8	-23.9
⑤	-0.91	-0.26	-0.50
⑥	+0.08	+0.28	-0.22
⑦	+0.37	+0.82	+0.85

隆起 (+) 沈下 (-)