

交通荷重を受ける低盛土道路の沈下挙動

九州大学 工 学〇松本江基 九州大学 工 正 落合英俊
九州大学 工 正 林 重徳 九州大学 工 学 久保 明
長崎大学 工 正 棚橋由彦

1. まえがき

軟弱地盤上に築造された低盛土道路では、道路供用後、交通荷重が繰返し荷重として作用するため、盛土荷重によるものよりも大きな沈下が長期間にわたって継続し、道路の設計、維持管理上重大な障害となっている。このため、繰返し載荷時の粘性土の変形挙動及びその要因を明らかにすることは、沈下対策を講ずる上で重要であるばかりでなく、的確な地盤の変形予測を行うことが可能となり、その結果より、見通しのきいた道路の維持管理が行える。本文では、まず、繰返し載荷時の粘土の変形挙動を明らかにするため、全変形量の中の圧密、ダイレイタンスーおよびせん断ひずみの各成分を取り出し、これらを載荷回数毎に評価して静的な応力ひずみ関係に適用した。次いで、FEM解析を行うことによって、繰返し載荷時の粘土地盤の変形挙動を評価し、変形の要因を明らかにすることを試みた。

2. 粘性土の弾塑性応力ひずみ関係

詳細は文献(1)にゆずり、ここではその概略を記す。粘土の応力ひずみ関係として、正八面体応力ひずみ増分関係を用い、平均主応力 p の変化によるせん断ひずみ増分 $d\gamma$ を無視すると、次式で示される。

$$\begin{bmatrix} dv \\ d\gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_c^e & S_d^e \\ 0 & S_s^e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dp \\ dq \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} S_c^p & S_d^p \\ 0 & S_s^p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dp \\ dq \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_c & S_d \\ 0 & S_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dp \\ dq \end{bmatrix}$$

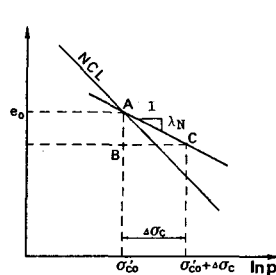
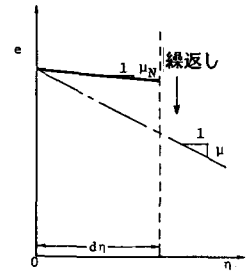
ここに、 S_c, S_d, S_s はそれぞれ圧縮による体積ひずみ、ダイレイタンスー、正八面体ひずみ各増分のフレキシビリティであり、上サフィックス e, p はそれぞれ弾性、塑性成分を表わす。各フレキシビリティは、次のように表わされる。

$$\begin{aligned} S_c^e &= \frac{\kappa}{1+e} \cdot \frac{1}{p} & S_d^e &= 0.0 & S_s^e &= \frac{\nu}{p} \\ S_c^p &= \frac{\lambda - \kappa}{1+e} \cdot \frac{1}{p} & S_d^p &= \frac{\mu}{1+e} \cdot \frac{1}{p} & S_s^p &= \frac{N_0}{M_0 - \eta} \cdot \frac{\mu}{1+e} \cdot \frac{1}{p} \\ S_c &= \frac{\lambda}{1+e} \cdot \frac{1}{p} & S_d &= \frac{\mu}{1+e} \cdot \frac{1}{p} & S_s &= \left(\nu + \frac{N_0}{M_0 - \eta} \cdot \frac{\mu}{1+e} \right) \cdot \frac{1}{p} \end{aligned}$$

ここに、 λ, κ は $e \sim \ln p$ 関係における正規圧密線、膨潤線の傾き、 μ は $e \sim \eta$ 関係の直線の傾き、 ν は $\eta \sim \gamma$ 関係における除荷・再載荷域での直線の傾き、 M_0, N_0 はストレス・ダイレイタンスー関係における η 軸切片と傾きを表わしている。降伏条件は、圧密に関して $f_{c\gamma} = \xi_m = p/p_0$ (p_0 は大気圧)、せん断に関して $f_{c\gamma} = \eta_m = q/p$ であり、それぞれ現在までに経験した最大値である。繰返し載荷時においては、各フレキシビリティ中のパラメータ ($\lambda, \kappa, \mu, \nu, M_0, N_0$) が、繰返しとともに変化すると考え、新たなパラメータ ($\lambda_N, \kappa_N, \mu_N, \nu_N, M_N, N_N$) を導入する。

3. 繰返し載荷時における各パラメータの定め方とその特性

1) 圧密項：繰返し載荷時において、パラメータ λ に対して新たな量 λ_N を導入する。その決定

図-1 λ_N の決定法図-2 μ_N の決定法

法と性質については既報⁽²⁾に詳しいので、決定法の模式図のみを図-1に示す。

2) ダイレイタンスー項：パラメータ μ に対し、繰返しとともにその傾きが変化する新たな量 μ_N を定義する。図-2にその定め方、図-3に実験より求めた μ_N の値を示す。多少のばらつきはあるが、繰返し応力比 $(\Delta\sigma_d/\sigma_{co})$ が大きくなるにつれて、 μ_N の値も大きくなる傾向がある。この実験結果を、図中の実線で代表させて評価し、実測値と比較することにより、繰返し応力比による μ_N のばらつきの程度が体積ひずみに与える影響を調べた結果が図-4である。

3) せん断ひずみ項：ここで導入したパラメータ M_N 、 N_N は、繰返し載荷時のストレス・ダイレイタンスー関係に基づくものである。その詳細は久保⁽³⁾にゆずり、ここではその傾向のみを図-5に示す。

尚、除荷・再載荷域におけるパラメータ κ_N 、 ν_N の定め方については今後の課題である。

4. 解析結果と考察

解析対象とした地盤は、佐賀県江北町の江北パイパスであり、図-6に示すように、盛土底部には石灰安定処理層が施されており、片側車線のみ交通開放されている。解析に際し、パラメータ λ_N 、 μ_N 、 M_N 、 N_N は実験によって定め、 κ_N 、 ν_N の値は仮定した。図-7は、繰返し回数の増加にともなう盛土基礎地盤沈下量の変化を示している。この沈下量のうち、図中のA点においてダイレイタンスーが占める割合を示したのが図-8である。ダイレイタンスーは繰返しとともに増大し、全沈下量に占める割合は、 10^4 回の繰返しで約40%にも達し、全沈下量に対して無視し得ない量となっている。このことは、繰返し載荷問題においてはダイレイタンスーを的確に評価することが重要であることを示している。

5. 結論

交通荷重による沈下のうち、ダイレイタンスーによる沈下は無視し得ず、沈下・変形の大きな要因となっていることが明らかとなった。

(参考文献) (1)棚橋ら(1978);長崎大学工学部研究報告第11号, pp.97~pp.105, (2)落合ら(1986);土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.350~pp.351, (3)久保ら(1987);繰返し荷重を受ける飽和粘土のストレス・ダイレイタンスー特性,土木学会西部支部研究発表会講演概要集。

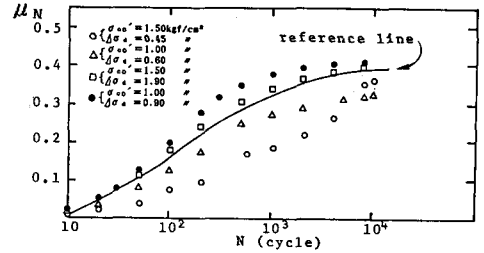


図-3 繰返し回数と μ_N の関係

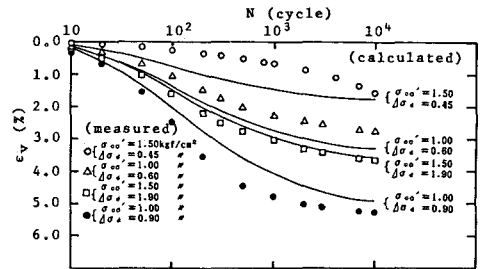


図-4 μ_N の代表線による体積ひずみの評価

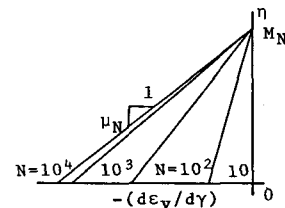


図-5 繰返し載荷時の
ストレス・ダイレイタンスー関係

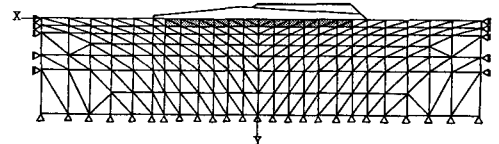


図-6 解析地盤

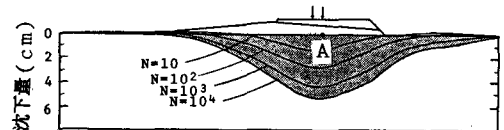


図-7 繰返しに伴う沈下量

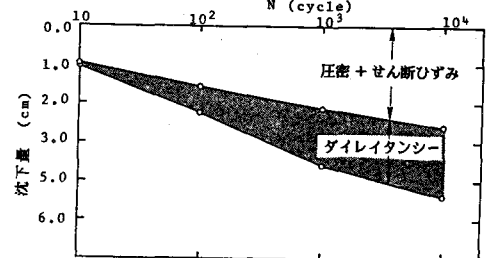


図-8 全沈下量に占めるダイレイタンスーの割合