

交通荷重による低盛土道路の沈下計算及び影響要因の検討

佐賀大学理工学部	学○ 丸山 卓哉
佐賀大学大学院	学 本原 耕一郎
佐賀大学低平地研究センター	正 柴 錦春
(株) 軟弱地盤研究所	F 三浦 哲彦

1. はじめに

佐賀低平地では軟弱粘土上に道路を建設する際、盛土荷重による沈下量を抑えるために低盛土道路が広く採用されている。このために、供用後の交通荷重による沈下量の予測が沈下対策の選択、維持管理において、重要な課題になる。柴・三浦¹⁾は交通荷重による道路の沈下量－累積交通量の関係を予測する経験式を提案した。しかし、地盤応力分布の計算で多層弾性理論を用いるので手計算ができない。本研究では、まず柴・三浦の経験式を用いた計算プログラムを作成した。次に、試験道路の実測値との比較により本計算プログラムの有効性の検討を行った。さらに、交通荷重による低盛土道路の沈下における各影響要因を検討した。

2. 計算法及びプログラムの概要

経験式 (1) は右の通りである。

ただし、 q_d : 動的偏差応力 (Burmister²⁾ の多層弾性理論により算出)、 q_s : 地盤中の初期静的偏差応力、 q_f : 地盤中の静的破壊偏差応力 ($=2S_u$ 、 S_u は非排水強度)、 N : 繰り返し荷重の適用数 (累積交通量。ここで、主にトラックの通過台数)、 C_c : 地盤の圧縮指数、 α, b, m, n : 定数 (本計算では、 $\alpha=8.0$ 、 $b=0.18$ 、 $m=2.0$ 、 $n=1.0$ を用いた) である。本研究で VB、Excel により q_d 、そして式 (1) によって交通荷重による道路の沈下計算プログラムを作成した。 q_d 算出のためのパラメータ入力・出力ファイルを VB で、式 (1) による沈下計算のパラメータ入力・出力シートを Excel により作成した。VB プログラムと Excel の間は自動リンクしている。 q_d の計算に必要なパラメータは各層の弾性係数 (E)、ポアソン比 (ν)、厚さ (H)、及び単位重量 (γ_t) である。繰り返し計算で、地盤の非線形変形特性を考慮することができる。この計算プログラムは、Tra-set (Traffic-load-induced settlement) と命名する。

$$\varepsilon_p = \alpha C_c \left(\frac{q_d}{q_f} \right)^m \left(1 + \frac{q_s}{q_f} \right)^n (N^b) \quad (1)$$

3. 交通荷重による地盤中の応力分布

交通荷重を圧密応力に等価し、地盤の圧密量を計算する藤川・三浦の方法³⁾では、交通荷重による地盤の応力分布を三角形 (最大値は地表) と仮定した。盛土高さ 1m の場合の等価垂直応力増分の分布は図-1 中の実線である。図-2 (a) に示す等価トラック荷重と、図-2 (b) に示す地盤断面図を用いて、多層弾性理論による垂直応力増分の分布は図-1 中の黒印で示している。藤川・三浦の仮定はシンプルであるが、地表及び約 5m 以降の垂直応力増分を過小評価する可能性がある。また、多層弾性理論によると、交通荷重による地盤中の応力増分は舗装と地盤の変形係数により変化するが、藤川・三浦の仮定でこの影響を考慮することができない。

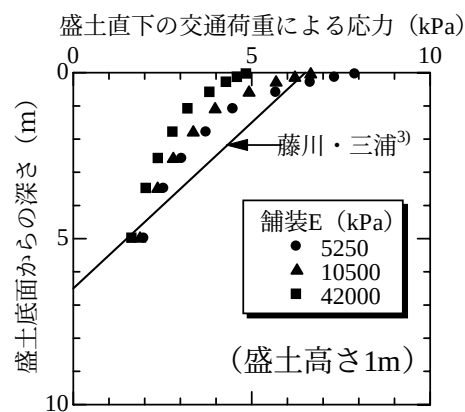


図-1 交通荷重による垂直応力分

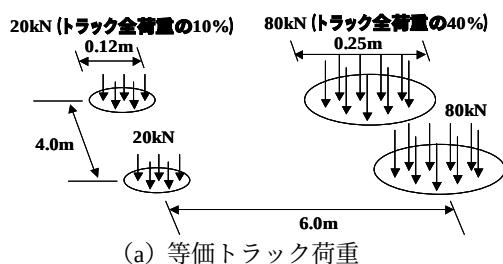
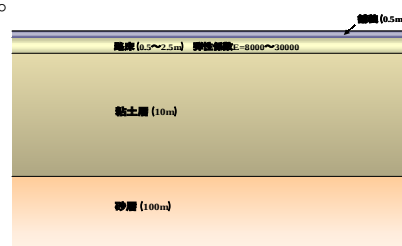


図-2 荷重と地盤条件



(b) 地盤断面

4. Tra-set の有効性

平成 7 年諸富町において、長さ 1km、11 工区の試験道路を建設した¹⁾。このうち 2 工区 (GI と MF) を選んで、Tra-set の解析値と実測値との比較を行った。GI と MF 工区の舗装は 0.05m のアスファルトコンクリートと 0.1m の粒調碎石で構成した。GI の路床は 0.3m のクラッシャーランで、プラス厚さ 0.6m の地盤をセメント混合処理 (一軸圧縮強度 $qu=0.58\text{MPa}$) した。MF の路床は 0.3m の気泡セメント層で、厚さ 0.6m の地盤をセメント混合処理 ($qu=1.98\text{MPa}$) した。図-3 に交通荷重による沈下量の変化を比較している。解析値は実測値より大きくはあるが、全体として良くシミュレートできたと言える。

5. Tra-set による各影響要因の検討

図-2 (a) に示す等価トラック荷重と図-4 に示す道路断面条件を用いて、トラック通過量 3000 台/日の条件で交通荷重による軟弱地盤上の低盛土道路の沈下に及ぼす影響要因を検討した。(1) セメントコラムによる地盤改良の効果：図-4 (a) に示すように、盛土高さ 1.0m、地盤を厚さ 1.0m のソイルセメントスラブと厚さ 5.5m のコラムで改良する。コラムの面積改良率は 12.5% と 25% の 2 ケースを仮定した。図-5 に Tra-set で計算した結果を示す。沈下量は 1mm 以下であり、地盤改良の効果が大きいことが分かる。また、改良率の増加に伴う沈下量の減少を示している。(2) 盛土高さの影響：図-4 (b) に示す未改良地盤で、盛土高さ 1、2、3m の場合、計算した交通荷重による沈下量変化は図-6 に示す。盛土高さ 1m の場合、20 年後の沈下量は 0.14m に達するが、盛土高さ 3m の場合、ほとんど沈下しない結果を得た。(3) 路床弾性係数の影響：盛土高さ 1m の未改良地盤で路床の弾性係数 (E) が 8000、15000、30000kPa の 3 ケースを仮定して、予測した沈下量を図-7 に示す。20 年で $E=8000\text{kPa}$ の沈下量は $E=30000\text{kPa}$ の沈下量の約 1.8 倍になる。路床の剛性(強度)を増加すると交通荷重の影響を低減するのに有効である。

6. まとめ

柴・三浦の経験式を用いて、交通荷重による道路の沈下量を予測するプログラム (Tra-set) を作成した。測定値と Tra-set の解析値との比較により、Tra-set の有効性を確認した。Tra-set によれば地盤中の垂直応力増分の分布は非線形で、深さの増加に伴って大きく減少する。Tra-set を用いて交通荷重による道路の沈下における (1) 地盤改良の効果、(2) 盛土高さの影響及び、(3) 路床剛性 (変形係数) の影響を解析検討した。地表から 6.5m 深さまでコラムスラブ工法で地盤を改良する場合、20 年で交通荷重による道路の沈下量は 1mm 以下になる。また、盛土高さの増加、路床剛性の増加は交通荷重による道路の沈下を減少する有効な方法であることが分かる。

参考文献 1) Chai, J. C. & Miura, N. (2001) : Traffic Load Induced Permanent Deformation of Road on soft Subsoil, J. Geotech. and Geoenvironmental Eng. ASCE, Vol.128, No.11, pp.907-916. 2) Burmister, D. M. (1945) : "The general theory of stresses and displacements in layered system I." J. Appl. Phys., Vol.16, 89-94. 3) 藤川・三浦 (1996) : 低盛土道路の実態調査と交通荷重による圧密沈下の予測、地盤工学会論文報告集、Vol. 36, No. 4, pp. 147-153.

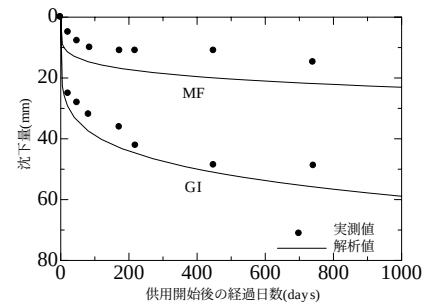
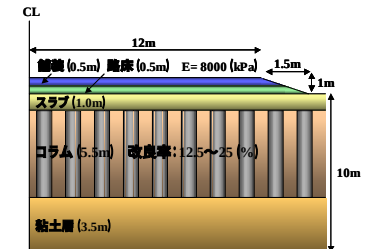
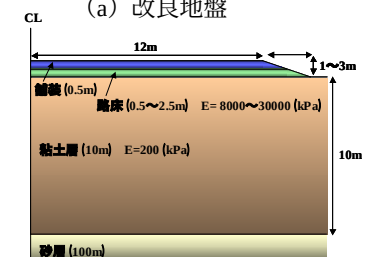


図-3 沈下量-経過日数曲線



(a) 改良地盤



(b) 未改良地盤

図-4 道路断面

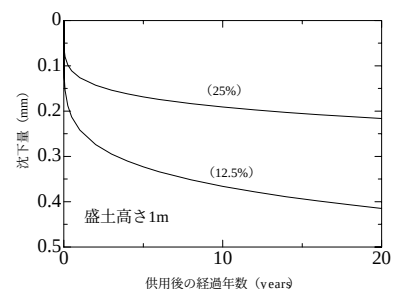


図-5 沈下量-経過日数曲線

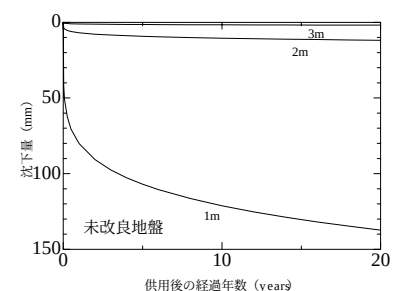


図-6 沈下量-経過日数曲線

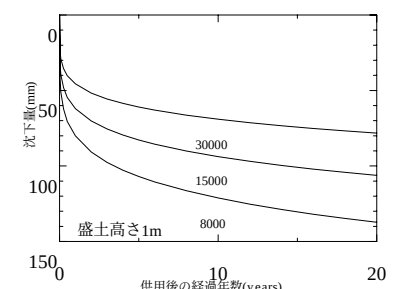


図-7 沈下量-経過日数曲線