

III-5 多層系解法による強化路盤の変形解析

鉄建建設㈱ 正員 矢島 寿一 正員 丸尾 茂樹
建設省土木研究所 正員 塚田 幸広

1. はじめに

軟弱地盤でのトラフィカビリティの確保や沈下・変形抑止を目的として、ジオテキスタイル等の各種補強材が広く用いられており、補強効果に関する適用事例、設計計算法について数多くの報告がある^{1), 2), 3), 4)}。しかしながら、これらの多くは埋立て地盤の造成などの比較的大きな変形を生じる場合を対象としており、路盤、路床のように変形レベルが小さい場合の報告例は少ない。本報告では、補強材により強化された路盤を対象として多層系解法とFEM解析の2種類の解析手法を取り上げ、強化路盤に関する現地試験施工結果との比較を行い、その適用性を述べる。

2. 現地実物大試験概要

著者らは、ジオテキスタイル（補強材）を用いた実大規模の強化路盤に対して平板载荷試験、ダンパトラック走行試験を行っており、試験ケース断面を表-1に示す。敷設した補強材は樹脂網、ポリマーグリッド、溶接金網の3種類である。実験結果は、文献⁵⁾に詳細に記述されているが、地盤の変形、補強材に生じたひずみとも比較的小さなレベルであった。そこで以下では、ポリマーグリッドを敷設した条件を対象に多層系弾性地盤の考え方を用いた変形解析およびFEM解析結果について検討を行った

3. 多層系弾性地盤による変形解析

強化路盤に対して、Barberの2層系弾性地盤における表面変位の近似計算法（1）式を適用させた。この考え方は、図-1（1）に示すような2層系地盤に適用するものである。また、補強材を敷設した強化路盤については図-1（2）のように考え、強化路盤の弾性係数については式（2）の等値弾性係数 E_{eq} を用いた。

$$s = \frac{1.5 a P}{E_s} F_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F_2 = \frac{1}{\{1 + (h/a)^2 (E_{eq}/E_s)^2\}^{1/2}} \left\{1 - \frac{E_s}{E_{eq}}\right\} + \frac{E_s}{E_{eq}}$$

$$E_{eq} = \left(\frac{h_1 E_1^{1/3} + h_2 E_2^{1/3} + h_3 E_3^{1/3} + \dots}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots} \right)^3 \quad \dots\dots\dots (2)$$

s : 路盤表面の沈下量 (cm)
E_s : 軟弱地盤の弾性係数 (kgf/cm²)
E_{1, 2} : 砕石の弾性係数 (kgf/cm²)
E_g : 補強材の弾性係数 (kgf/cm²)
P : 載荷応力 (kgf/cm²)
a : 輪荷重の接地半径 (cm)
h : 路盤の厚さ (cm)
h_{1, 2} : 砕石層の厚さ (cm)
h_g : 補強材の厚さ (cm)

ここで、原地盤および砕石の弾性係数については、原地盤と無補強路盤の平板载荷試験結果より得られた載荷応力-載荷板沈下量（σ-s）関係を基に逆算を行い、原地盤で26kgf/cm²、砕石層で115

kgf/cm² という弾性係数を得た。強化路盤の弾性係数については式（2）の補強材の項E_g, h_gに実際の値を代入した場合等値弾性係数は、それほど大きくはならず、補強材敷設による補強効果を現わしていないものと考えられる。そこで

表-1 試験ケース

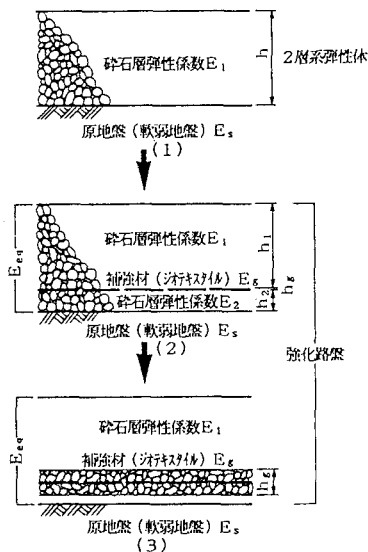
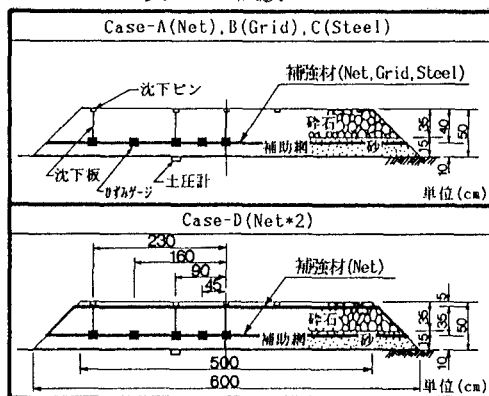


図-1 多層系弾性地盤の考え方

図-1 (3) に示すように、補強材敷設により補強材付近の碎石層が補強材により拘束、一体化されたものと仮定して、補強材厚 h_g を変化させて計算を行った。

図-2には平板载荷試験結果より得られた $\sigma-s$ 関係と計算結果を対比して示す。原地盤と無補強路盤については、弾性係数を求めたときの $\sigma-s$ 曲線であり、実測値の $\sigma-s$ 曲線が非線形であるのに対して、弾性的な $\sigma-s$ 曲線で近似している。これに対して強化路盤の $\sigma-s$ 曲線は弾性的な曲線であり、 $h_g=7\text{cm}$ としたときに図のように実測値と比較的良好一致しており、補強材敷設により補強材面付近の碎石層が補強材と一体化したとする今回の計算手法は簡便法として適用性が高いものとする。

4. FEM解析

1) 解析方法および物性

本解析は、平面ひずみ条件で行ない、非線形弾性体 (Duncan-Chang Model) を考慮して表-2に示す値を使用した。なお、この物性値は原地盤、碎石路盤の平板载荷試験結果から得られた $\sigma-s$ 曲線に整合するように求めた。

2) 解析結果

強化路盤については、補強材を表現するために路盤中に梁要素を加えて解析を行なった。計算結果を図-2に併せて示す。この図から強化路盤において実測値とFEM解析値とでは大きな差を生じており、ただ単に梁要素に補強材の弾性係数を用いても、補強効果を表現できていない。次に、図-3には、同応力レベルにおける無補強路盤と強化路盤との変形図を対比して示す。これより補強材面付近での強化路盤では、沈下量が相対的に小さく、また、側方流動は無補強路盤のそれに比べ小さいことがわかる。

以上のことより、補強材を敷設した強化路盤をFEMによって表現するには、2層系弾性体で用いたような補強材敷設による補強材付近の弾性係数の上昇を考慮すべきであると考えられる。

5. まとめ

本数値解析の結果、地盤および路盤の弾性係数が既知であれば、多層系弾性体による表面変位の近似計算法は適用性は高いことがわかった。一方、FEM解析については、補強材を表現している梁要素に補強材の弾性係数を用いても補強効果は表現できず、補強材面付近の一体化を考慮した、弾性係数の上昇を考える必要がある。なお、本論文は、建設省土木研究所との共同研究「*ジオテキスタイル*の土中での挙動とその効果に関する研究」62年度の成果の一部である。

【参考文献】1) 渡：実例に基づく*ジオテキスタイル*利用工法の設計と施工：建設図書：1987.4

2) 建設省土木研究所他：*ジオテキスタイル*の土中での挙動とその効果に関する研究報告書：1987.10

3) 塚田、小林、丸尾、矢島：*ジオテキスタイル*による路盤の強化に関する模型実験：第22回土質工学研究発表会：1987.6

4) 矢島、丸尾、塚田、小林：*ジオテキスタイル*による強化路盤の設計法の検討：土木学会第42回年次学術講演会講演要集第3部：1987.9

5) 矢島、丸尾、塚田：強化路盤の変形挙動に関する現地試験：第23回土質工学研究発表会：1988.6

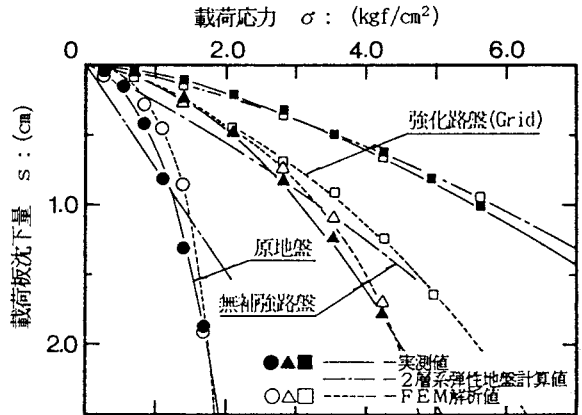


図-2 平板载荷試験結果と解析値との比較

表-2 固体要素および梁要素の物性値

	初期弾性係数 E_0 (tf/cm ²)	初期ポアソン比 ν_0	粘着力 c (tf/cm ²)	内部マサツ角 ϕ (°)
原地盤	120.00	0.49	2.35	0.00
碎石層	15800.00	0.32	0.00	32.00

	弾性係数 E (tf/cm ²)	断面慣性 I (m ⁴)	断面2次モーメント I_x (m ⁴)
補強材(Grid)	130000.00	0.0015	2.81E-8

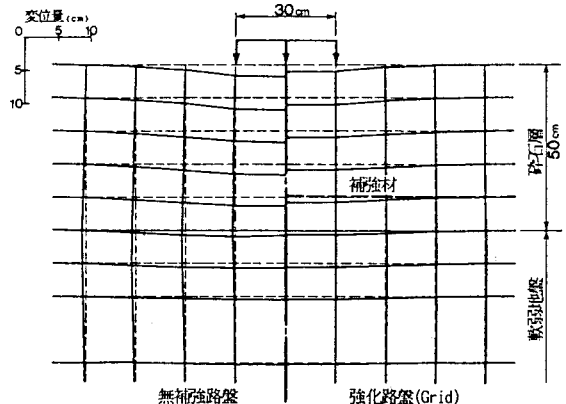


図-3 FEM解析による無補強路盤と強化路盤の変形比較