

浅層・深層組合せ改良地盤における浅層改良地盤の曲げ応力推定方法

九州大学大学院 学○松井秀岳

九州大学大学院 F 落合英俊

正 大嶺 聖

九州大学大学院 正 安福規之

学 石蔵良平

1、はじめに

フローティング式低改良率深層混合処理工法は、盛土道路などの上部構造物の機能が保たれる範囲内で沈下を許容する工法であり、従来の軟弱地盤改良工法と比較して、コストを削減できる可能性がある。しかし、改良部と未改良部間での不同沈下などの問題が生じるため、浅層改良の併用が提案されているが、その設計方法は十分に確立されていない。本研究では、浅層改良地盤の引張強度を評価することが重要と考え、浅層厚や深層改良体の間隔などが変化した場合での組合せ改良地盤の浅層部の曲げ応力を推定するためのモデルを提案し、弾性 FEM 解析との比較からその妥当性を検討する。

2、組合せ改良地盤の浅層曲げ応力推定モデル

図1に組合せ改良地盤の概念図を示す。浅層改良地盤に作用する曲げ応力を求めるために図1のように1ユニットを取り出す。取り出したものを図2に示す。図2のパラメータから浅層改良地盤に作用する曲げ応力を求める。そのフローを図3に示す。ここで応力分担比 b を求めることが必要となるが、本研究で先に提案した一次元沈下モデルから b を求める。この一次元沈下モデルでは剛板による载荷を仮定しており、深層改良体と未改良地盤の摩擦を考慮している。またこのモデルからは改良地盤全体の一様な沈下量を求めることができる。これらの条件により浅層改良地盤に作用する曲げモーメント M は、

$$M = M_1 + M_2 \dots (1)$$

M_1 : $p_{1,2,3}$ によって決まる浅層地盤の曲げモーメント

M_2 : 連続した地盤の1ユニットを取り出したために浅層地盤の端に発生するモーメント

次に、未知数 M_2 を求めるため、 M を梁のたわみ方程式に代入し、深層改良体間中心でのたわみ角が0という境界条件で解く。梁のたわみ方程式は

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M}{EI} \dots (2)$$

x : 浅層地盤左端点からの距離、 E : 浅層地盤の弾性係数、 y : 距離 x での鉛直変位、 I : 浅層地盤の断面2次モーメント M_2 が求まり、 M が決まるので、式(3)に M を代入し浅層改良地盤に作用する曲げ応力 σ_m を求めることができる。

$$\sigma_m = \frac{M}{I} y \dots (1)$$

y : 断面の中立軸から浅層地盤表面までの距離

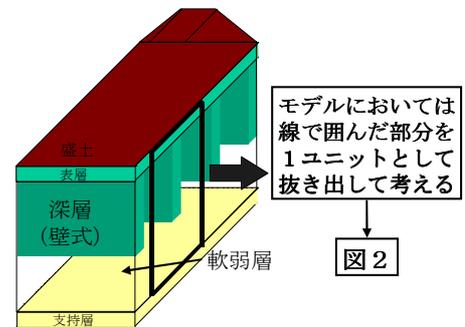


図1、組合せ改良地盤の概念図

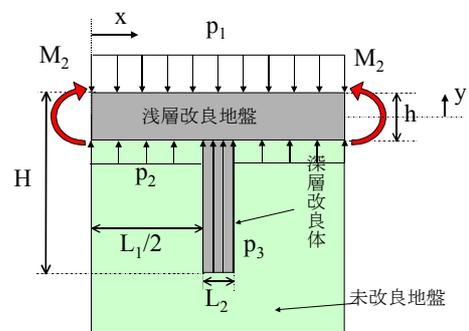


図2、浅層地盤モデル化の概念図

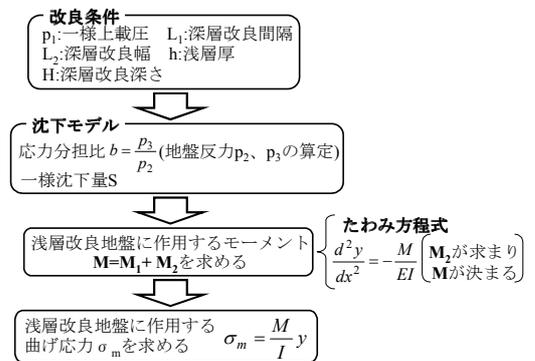


図3、浅層改良地盤の曲げ応力算定フロー

3、弾性FEM解析との比較

上記のモデルから得られた曲げ応力の推定値と弾性 FEM 解析の比較を行った。解析に使用したパラメータは、浅層・深層改良地盤の $E=1000\text{MN/m}^2$ 、 $\nu=0.3$ 、未改良土の $E=1000\text{kN/m}^2$ 、 $\nu=0.3$ である。また、上載荷重について $p_1=20、40\text{kPa}$ の 2 通りの条件で比較を行った。さらに、深層改良体の配置間隔については図 4、6 に示すようにそれぞれ $L_1/L_2=4.5$ 、2 の 2 通りの条件で比較を行った。比較の結果を図 5、7 に示す。グラフは 1 ユニット間の曲げ応力分布を表しており、左端からの距離を x 軸にとっている。今回、推定値を算定する過程で使用した応力分担比 b は、沈下モデルではなく、解析終了時の解析値を使用している。また、今回の比較では、浅層改良地盤の上面に作用する曲げ応力の比較を行っている。 $L_1/L_2=4.5$ 、 $p_1=40$ (図 5) の比較に関しては深層改良体上部で曲げ応力 (引張) が最大になり、深層改良体中間で曲げ応力 (圧縮) が最大になるという解析の傾向をモデルも捉えており、値もほぼ同等となり妥当性が確認された。次に $L_1/L_2=2$ 、 $p_1=40$ (図 7) の比較では、深層改良体中間の最大曲げ応力 (圧縮) の推定値が解析値の半分になっているものの、その他の点においては図 5 の比較と同様に解析値の傾向を捉えており妥当性が確認できたといえる。最後に、図 8 に今回行った比較の結果をまとめる。全体を通して、モデルから得られた推定値は解析値の傾向を良く捉えており、応力分担比の算定を正確に行えば、ある程度妥当であることが確認できた。

4、まとめ

今回、浅層改良と深層混合処理の併用を行った地盤に、一様荷重が作用した条件で、浅層改良地盤に作用する曲げ応力を算定する方法を提案し、弾性 FEM 解析によってその妥当性を検証した。その結果、モデルから得られた推定値は解析値の傾向をよく捉えており、推定方法の妥当性が確認できた。また応力分担比 b が曲げ応力に大きく影響するため、応力分担比 b の精度良い推定が重要となる。今後は、模型実験により、提案した曲げ応力推定法の妥当性を検討していく予定である。

〈参考文献〉

- 1) 松井秀岳・落合英俊・大嶺聖・安福規之・石蔵良平：剛性と摩擦特性を考慮したフローティング式改良地盤の一次元沈下モデルについて (土木学会西部支部研究発表会 2006)
- 2) 石蔵良平・落合英俊・大嶺聖・安福規之・松井秀岳：改良体の剛性と摩擦特性に着目したフローティング式杭状改良地盤の沈下モデル (地盤工学会研究発表会 2006)

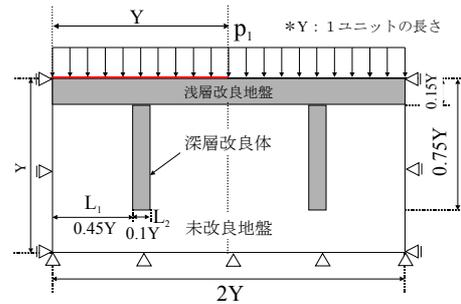


図 4、FEM 解析条件 ($L_1/L_2=4.5$)

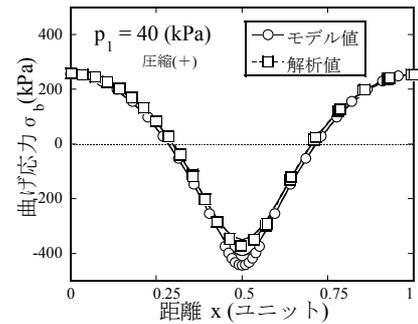


図 5、曲げ応力比較 $L_1/L_2=4.5$ 、 $p_1=40$

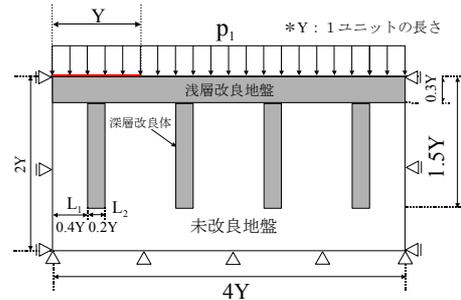


図 6、FEM 解析条件 ($L_1/L_2=2$)

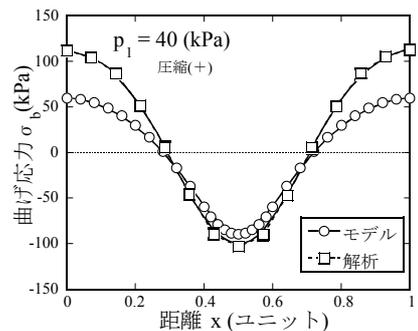


図 7、曲げ応力比較 $L_1/L_2=2$ 、 $p_1=40$

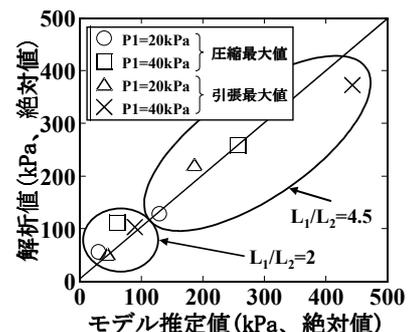


図 8、浅層改良地盤の最大曲げ応力比較 (絶対値)