

## マルチ法面工法の模型実験による変形抑制性能の検証 ～3次元弾塑性 FEM による模型実験の事前解析～

ライト工業(株) 正会員 ○ティンザーリモー  
正会員 木村 太一  
正会員 チッス ウェイ  
正会員 荒木 豪

### 1. はじめに

著者らは、新しい法面保護の工法として、マルチ法面工法(以下、本工法)の開発を行っている。本工法は、耐浸食性を有するモルタル吹付工(基面部)と景観性を有する植生基材吹付工(表面部)の二層構造を有する工法である(写真-1)。本工法の標準断面を図-1に示す。モルタル吹付工の表面には、全面積に対して10%程度の開口を設け、植生の根が地山に達するようにパルプモールド(根系誘導孔用型枠)を設置し、必要に応じて地山補強材も併用する。



写真-1 マルチ法面工法

本工法は、既存工法である吹付法枠工法(以下、FF工)と比べ施工性や景観性に優れているが、変形抑制性能については定量的な評価比較がなされていない。そこで、著者らは実物大の斜面モデル(斜面高:10m, 法勾配:5分勾配)を対象とした3次元弾塑性FEMを用いた解析(以下、FEM解析)を用い、斜面の表層の弱化、天端での荷重載荷に関して、本工法がFF工と同等以上の変形抑制性能を有する事を確認した。しかし、実用化にあたっては、より多面的な検討も必要と考えられ、模型実験を実施することとした。模型実験は、計測位置において定性的な評価が可能となり、それを事後のFEM解析で再現できれば、実大斜面の挙動についても定量的に評価することができると考えられる。

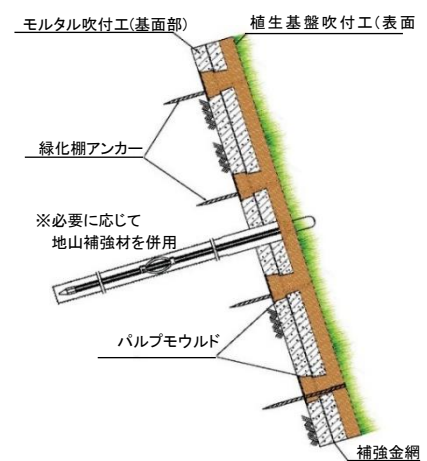
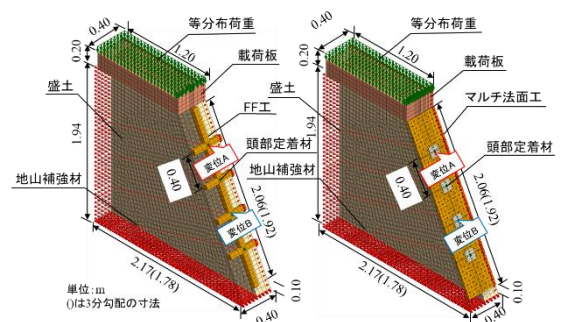


図-1 マルチ法面工法(断面図)

本稿では、模型実験の緒元(天端に与える荷重や盛土の勾配等)を決定することを目的に実施したFEMの事前解析について報告する。

### 2. 方法

模型実験は、実施場所や設備等の条件から、天端に重錘荷重を載荷するものとした。この際、寸法は実物大の1/5程度、与える荷重は30kN程度が上限と考えた。また、変位は計測機器の計測精度並びに変形抑制性能の比較を考慮すると最低でも1~3mmは必要と考えられるため、これらの条件を検証するFEM解析を実施した。FEM解析は、FF工(F300)と本工法を設置した盛土のモデルを作成し、その天端に等分布荷重(以下、載荷重)を与えた際の法面上の水平方向変位量(以下、変位量)を比較した。なお、盛土は1/5スケールとし、模型法面の作成限界が3分程度と考えられるため、解析のケースとして法面の勾配は5分、3分とした。また、両工法とも法勾配によらず同一角度の地山補強材(実大φ19mm)を併用する構造とした。解析ソフトはGTS NXを用いた。



吹付法枠工法

マルチ法面工法

図-2 解析モデル

キーワード 法面工, 3D弾塑性FEM, 変形抑制, 模型実験

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C23 街区 3 画地 ライト工業(株)R&D センター TEL 029-846-6175

## (1) FEM 解析条件

解析モデルを図-2 に示す。解析モデルは、盛土、法面工 (FF 工, 本工法)、地山補強材、頭部定着材、荷重を載荷する板 (以下、載荷板) で構成し、モデルは法面工の対称性を考慮して作成した。モデルの構成則は、盛土と法面工 (FF 工, 本工法) は Mohr-Coulomb とし、それ以外は線形弾性とした。載荷重は等分布荷重とし 10 ~ 50 kN/m<sup>2</sup> とした。解析の境界条件は、モデルの底板は全方向を固定し、側面と背面は鉛直方向のみ自由としそれ以外は固定とした。また、盛土は不飽和状態となるため、間隙水圧はモデル化しなかった。

## (2) 入力パラメータ

FEM 解析で入力した Mohr-Coulomb モデルのパラメータを表-1 に示す。盛土の単位体積重量  $\gamma_t$ 、粘着力  $c$ 、せん断抵抗角  $\phi$  は、搬入時に実施した三軸圧縮試験の結果を用いた。弾性係数  $E$  は、三軸圧縮試験で得られた弾性係数  $E_{50}$  から拘束圧依存性を考慮し、盛土中心部の有効応力で換算した。FF 工と本工法の構造部は  $c$  材として、粘着力  $c$ 、単位体積重量  $\gamma_t$ 、弾性係数  $E$  は一般値を用いた。また、引張強度は、FF 工は引張補強筋を有する RC 構造のため圧縮強度と同一、本工法は無筋モルタルとして設定した。また、ポアソン比  $\nu$  と線形弾性モデルのパラメータについてはそれぞれの一般値を用いた。

表-1 入力パラメータ (Mohr-Coulomb)

| 要素名     | 単位体積重量 $\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 弾性係数 $E$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | ポアソン比 $\nu$ | 粘着力 $c$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | せん断抵抗角 $\phi$<br>(°) | 引張強度 $T$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------|---|----------------------------------|-------------|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| 盛土      | 17  | 5,000                            | 0.3         | 1                               | 32                   | -                                |
| 吹付法枠工法  | 22  | 22,000,000                       | 0.3         | 10,000                          | 0                    | 10,000                           |
| マルチ法面工法 | 22  | 22,000,000                       | 0.3         | 10,000                          | 0                    | 1,000                            |

## 3. 結果

それぞれのケースの変位量と載荷重の関係を図-3 と図-4 に示す。ここで、変位量の着目位置は、FF 工、本工法ともに「変位 A」、「変位 B」とした (図-2)。結果から、5 分勾配と比べて 3 分勾配の方が、全体的に変位量が大きくなる傾向となった。また、3 分勾配の変位量は、載荷重が 30 kN/m<sup>2</sup> のときに、FF 工は「変位 A」、「変位 B」でそれぞれ、1.4 mm、2.2 mm となり、本工法はそれぞれ 1.4 mm、2.0 mm となったことから、FF 工、本工法ともに計測可能である 1~3 mm 程度が期待できることを確認できた。

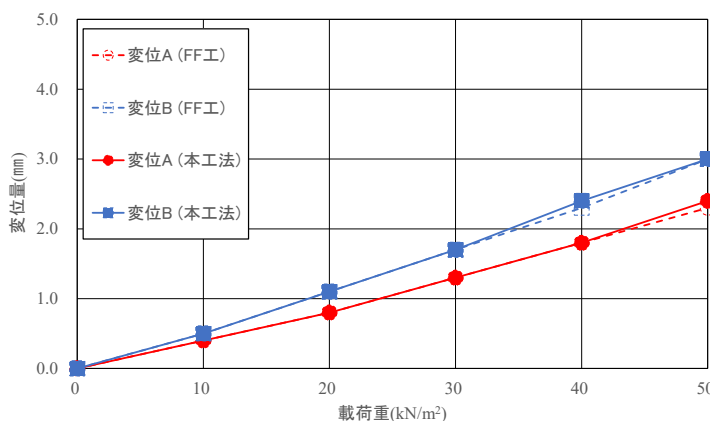


図-3 変位量と載荷重の関係(5 分勾配)

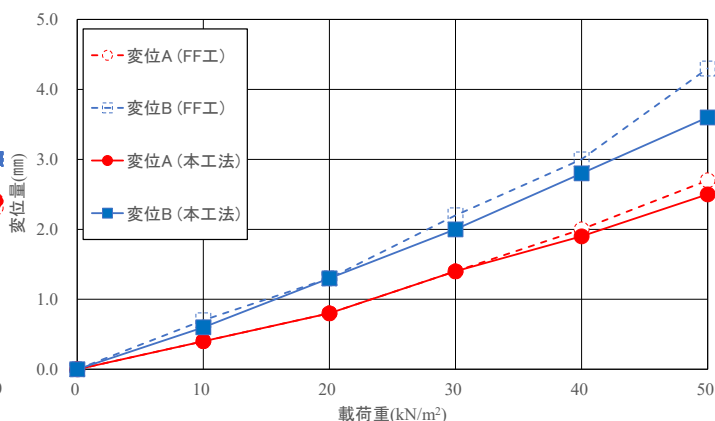


図-4 変位量と載荷重の関係(3 分勾配)

## 4. 考察・まとめ

1/5 スケールの模型実験を計画するにあたり、載荷重に応じた変位量は、5 分勾配よりも 3 分勾配の方が大きく 3 分勾配のケースにおいて、載荷重が 30 kN/m<sup>2</sup> のときに、FF 工、本工法ともに模型実験で計測可能である 1~3 mm が期待できることが確認できた。そのため、模型実験は、3 分勾配とし、盛土の天端を 1.0 m<sup>2</sup> 程度とし、載荷重は 30 kN として実施することとする。