

Ⅲ - B 347

地山補強土工法のFEMによる変形予測

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 松田義則

日本道路公団 試験研究所 正会員 永吉哲哉

同上 正会員 田山 聡

同上 正会員 緒方健治

1. まえがき

地山補強土工法の設計法は、主に極限つり合いによる安定計算法¹⁾と補強領域を一体と仮定する設計法がある。これらの方法は、変形を考慮しない設計であり、地山の変形を前提とした当工法の原理と整合していない。地山の変形を施工前に精度良く予測できれば、安全性の評価や施工管理をするうえで、有効な判断材料となる。また、変形量に制約のある構造物との近接施工に際して、妥当性のある補強材を設計することができる。日本道路公団では平成8年度から9年度にかけて、当工法を用いた急勾配掘削の試験施工と実物大実験を行った。本文は、これらの変形データを用いてFEM逆解析を行い、FEMに使用する変形係数と孔内水平載荷試験の変形係数との関係について検討したものである。

2. 試験施工の概要と解析方法

FEM逆解析を行った試験施工の概要は表-1に示すとおりである。

表-1 試験施工概要

施工場所	地質と掘削高 (m)	掘削勾配 (1:n)	地盤定数				補強材		のり面工	のり肩 水平変位 (mm)
			密度 ρ (t/m^3)	粘着力 (Mpa)	内部摩擦角 (度)	孔内載荷Eb (Mpa)	径長さ (m)	ピッチ 縦×横(m)		
高 知	砂 礫 : 3.5	1:0.3	1.9	0.01	30	4.41	$\phi 32-5.0m$	1.0×1.0	吹付け 10cm	9.6
	強風化粘板岩 : 3.5 掘削高 合計 7.0m	1:0.0	2.0	0.05	30	34.32	$\phi 32-5.0m$	1.0×1.0		
清 見	粘土混り砂礫 : 4.3	1:0.3	1.8	0.03	25	4.02	D25-4.0m	1.2×1.2	吹付け 15cm	4.6
	花崗閃緑斑岩 : 8.2 掘削高 合計 12.5m	1:0.0~0.3	2.3	0.49	35	231.94	D25-2.0m	1.5×1.5		
富 士 (実物大実験)	砂 質 土 : 5.0 掘削高 合計 5.0m	1:0.0~0.1	1.8	0.01	35	4.81	D25-1.0 ~3.0m	1.2×1.2	吹付け 5cm	10.4 ~20.6

FEMは、地盤の弾塑性特性を考慮して非線形解析(電中研式)を採用した。この地盤の構成則を用いると、高知の試験施工解析で実際の変形や補強材応力に対し再現性の高いことがわかっている²⁾。解析領域は、図-1に示すとおり水平領域を掘削深度の約4倍、鉛直領域を約2倍とした。ただし、山岳部斜面の途中で掘削を行う場合、水平領域は地山の頂上付近までとした。これは、領域を斜面途中に設定すると初期応力が、その取り方によって異なるからである。また、斜面の初期応力解析は2層以上の地盤であっても変形係数を1つに統一し、ポアソン比を0.45程度とした。これは硬質地盤上に崖錐等の軟質地盤が覆っている場合、変形係数が大きく異なることから、斜面形状に応じた応力の流れを再現できないためである³⁾。

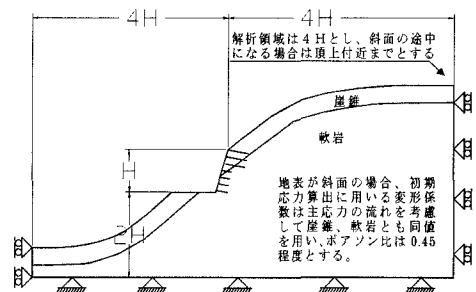


図-1 解析領域

3. 実測値と解析値の比較

実測値と解析値の変形比較は図-2に示すとおりであり、両者は比較的一致している。

キーワード：地山補強土工法、FEM、変形予測、変形係数

〒153-8639 東京都目黒区中目黒 1-10-23 八千代エンジニアリング 構造部 TEL03(3715)9928, FAX03(3715)2055
 〒194-0035 東京都町田市忠生 1-4-1 日本道路公団 防災・雪氷研究室 TEL0427(91)1621, FAX0427(91)3717

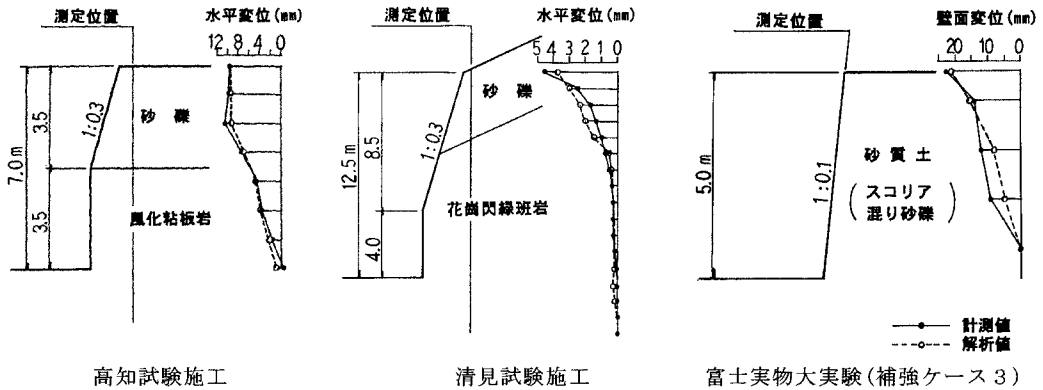


図-2 実測値と解析値の変形比較

4. FEMの逆算変形係数と孔内載荷試験の変形係数

砂礫等の未固結地盤は、サンプリングの問題で力学試験を実施してない場合が多い。一方、孔内水平載荷試験は比較的多く実施されている。この孔内水平載荷試験の変形係数 E_b とFEM逆解析によって求めた変形係数 E_{FEM} の関係を図-3に示す。この図から E_{FEM} は E_b の約2倍となっている。

既往文献^{4) 5)}を参考に、未固結地盤のひずみレベルと変形係数の低減の関係を模式的に図-4に示す。一般的に孔内載荷試験で得られる変形係数のひずみレベルは 10^{-2} (1%)程度と言われている。非線形解析で使用する変形係数は、初期変形係数である。初期変形係数は、ひずみレベルが小さいため孔内載荷試験で得ることができない。また、実施工での平均的なひずみレベルは $5 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-3}$ (0.05~0.3%)程度であることから、計算で使用する変形係数は E_b より大きい値とする必要がある。

上記に示す $E_{FEM} = 2 E_b$ の関係は、地山が砂質土～風化軟岩での値である。地盤が軟質な場合は、 E_{FEM} は $2 E_b$ より大きくなるものと考えられる。このような地盤では、一般的に平板載荷試験相当の変形係数を用いると比較的実測値に合うと言われている。この場合、 $E_{FEM} = 3 \sim 4 E_b$ となる。

5. まとめ

地山補強土工法のFEM非線形解析による変形予測において、境界領域や初期応力の設定における留意事項を整理したうえで、図-4 ひずみレベルと変形係数低減の模式図解析に用いる地盤の変形係数について検討した。その結果、孔内水平載荷試験で得られる変形係数の約2倍を用いると実測値と比較的一致する。この値は、砂質土～風化軟岩掘削の逆解析により求めたものである。

【参考文献】

- 1) 日本道路公団：切土補強土工法設計・施工指針(案)、1995.6（平成10年度に改訂予定）
- 2) 永吉，緒方，田山：地山補強土工法による構造物掘削のFEM解析、第32回地盤工学研究発表会、pp2471, 1997.7
- 3) 土木学会：岩盤斜面の安定解析と計測、pp136, 1994.12
- 4) 後藤，龍岡他：広域的なひずみ領域に適用できる土の非線形モデルと平面ひずみ軸対称掘削への適用、大成建設技術研究所年報、25号, 1992
- 5) 平山，福田：土のひずみレベルを考慮したN値からの割線弾性係数の推定、第23回土質工学研究発表会、1988.6

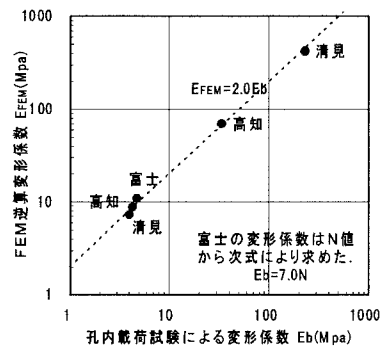


図-3 E_b と E_{FEM} の関係

