

III-241

剛壁面補強盛土橋台部の極限安定解析とFEM解析

J R東海 建設工事事部 正員 ○安原真人
 J R東海 建設工事事部 正員 青木利昭
 鉄道総合技術研究所 正員 館山 勝
 中央開発株式会社 正員 西原 聡
 東大生産技術研究所 正員 龍岡文夫

1. はじめに

ジオテキスタイルで補強された盛土と剛な壁面工を持つ擁壁を橋台として直接用いる場合は、天端壁面付近に集中荷重が作用する。この場合の設計では、①実荷重に対する変形が許容値以下であることと、②設計荷重に対する破壊安全率が所定値以上であることを確認する必要がある。

今回実際に鉄道に用いられた補強盛土橋台部の施工後の載荷実験の現場計測結果を用い、実測挙動をもっとも説明できる解析モデルを作成し、橋台部の載荷シミュレーションを実施した¹⁾。また、併せて極限設計法による安定解析を行い、載荷重と安全率の関係を整理した。その結果をここに報告する。

2. 極限設計法（2ウェッジ法）の計算条件

極限設計法は、鉄道の技術基準²⁾に準拠し、2ウェッジ法による滑動と転倒の安全率により検討した。極限設計法の計算条件および土質定数を図1、表1に示す。

計算では、安全率が1を下回るまで載荷重を段階的に大きくして破壊荷重を求め、その範囲までの荷重と安全率（滑動、転倒）の関係を求めた。

3. FEMシミュレーションの解析条件

解析は、非線形有限要素法を用いて行った。盛土の材料モデルは龍岡・渋谷(1991)の修正双曲線法³⁾を用いた。その他の解析モデル、盛土、補強材、橋台および壁の入力物性値は参考文献1)によった。解析では、盛土の段階施工解析の後、橋台と壁を施工し、桁を架設した状態を初期条件として、載荷を段階的に行った。載荷重は通常の列車荷重の20倍の荷重($q=40\text{tf/m}^2$)まで500分割して作用させた。

4. 検討結果

(1) 荷重と安全率の関係

図2に極限設計法による荷重～安全率関係を示す。これより、荷重～安全率関係は双曲線の関係で示せることがわかる。ここで、常時における許容安全率 F_s は2.0であり、図2からそれに対応する載

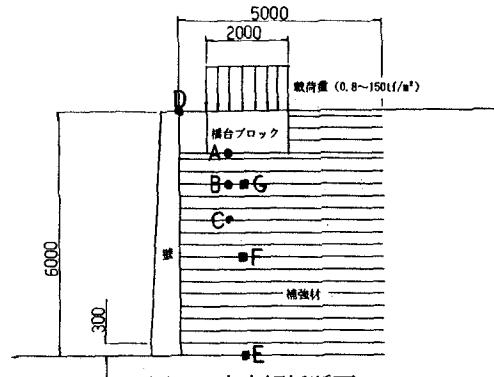


図1 安定解析断面

表1 極限設計法の計算条件

土質定数			補強材の設計条件			
γ (tf/m^3)	c (tf/m^2)	ϕ (deg.)	設計破断 強度 (tf/m)	引抜き安 全率	補強材長 (m)	補強材間 隔 (m)
2.0	0	40.0	4.2	1.5	5.5	0.3

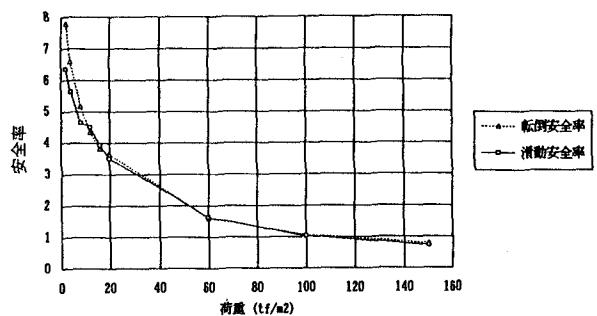


図2 2ウェッジ法安定解析結果

荷重は約 $q = 50 \text{ tf/m}^2$ である。これは、設計列車荷重 $q = 2 \text{ tf/m}^2$ の約25倍であり非常に大きい。また、破壊時の載荷重（安全率1の状態）は、 $q = 110 \text{ tf/m}^2$ となる。今回のFEM解析での最大載荷重 40 tf/m^2 は、極限設計上の安全率では $F_s = 2.5$ に相当する。

(2) 荷重と沈下量の関係

図3にFEM解析による荷重と沈下量の関係を示す。これによると、荷重 $q = 40 \text{ tf/m}^2$ での橋台直下の沈下量は約8mmである。この値は、深度方向に減少し、橋台直下部1.65mでは約3mmである。また、列車荷重による通常の載荷レベル（ 2 tf/m^2 ）での沈下量は、0.2mm程度にすぎない。また、同図より 40 tf/m^2 までは荷重と沈下量は、線形に近い関係を示す。

(3) 荷重と補強材力の関係

図4にFEM解析による荷重と補強材力の関係を示す。これによると、載荷重 $q = 40 \text{ tf/m}^2$ の橋台直下の補強材引張力は、最大でも 7 kgf/m であり非常に小さい。これは、完成時では盛土材（良く締固めた粒度調整碎石）の変形係数が非常に大きいことと剛な壁面工が機能しているために生じた結果であり、 $q = 40 \text{ tf/m}^2$ 程度では、補強材の効果は小さいと考えられる。ただし、施工中には必要な補強材力が発揮されている。

(4) 沈下量と水平変位の関係

図5に沈下量および壁天端の水平変位量と荷重の関係を示す。これより、両者はほぼ直線の関係を示し、水平変位は沈下量の7割程度の値となった。

5. おわりに

本解析によると、実際に建設された鉄道橋梁からの荷重を直接受ける補強土擁壁橋台の盛土内の応力状態が破壊から遠い状態（FEMによる局所安全率で5以上）にあることを示している。これは、粒調碎石を非常に良く締固めて剛体壁面工を用いた補強盛土であったためである。今後は、FEM解析を破壊状態まで行うとともに壁面工のない場合のFEM解析が必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 館山, 西原, 青木, 龍岡: 剛壁面補強盛土橋台部のFEM解析, 第47回土木学会年次学術講演会, 1992. 9
- 2) 館山, 村田: 補強盛土(RRR工法)設計法, 鉄道総研報告, Vol. 5, No. 12, 1991. 12
- 3) 龍岡, 渋谷: 地盤材料の広い範囲のひずみでの応力・ひずみ関係式について, 第26回土質工学研究発表会, 1991. 7

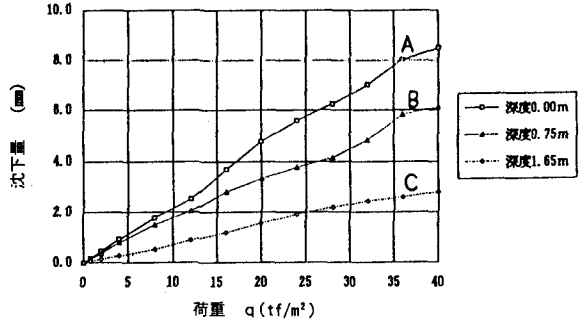


図3 荷重～沈下量の関係

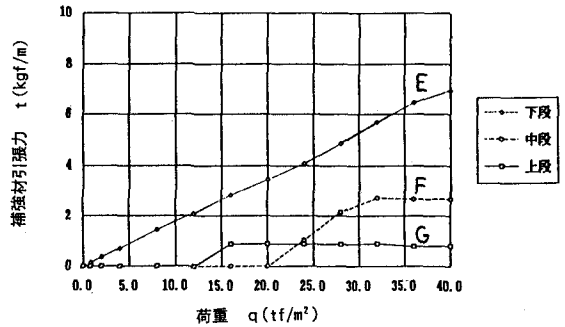


図4 荷重～補強材力の関係

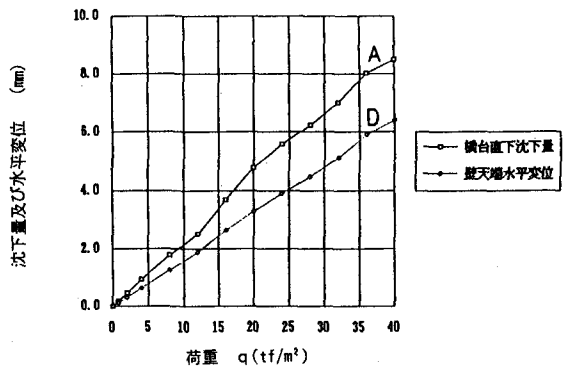


図5 荷重～沈下量及び壁水平変位の関係