

(Ⅲ - 2)

永久アンカーの設計と施工

東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所 正会員 栗山道夫

東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所 正会員 清水 満

東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所 柴田重久

1. はじめに

グラウンドアンカーが掘削土留等の仮設構造物として使用されて以来20数年を経ているが、最近では建築の分野において永久構造物として各種の個別評価が得られている。一方、土木の分野においても斜面安定や擁壁等の本設構造物への適用が以前からあり、鉄道構造物でもこれらの使用目的以外に橋脚の安定を計る目的で永久アンカーが採用された事例がある。

今回、鉄道施設の災害復旧に当たり、U型擁壁の浮上り防止を目的とした鉛直アンカーを本設構造物として採用した。ここでは、永久アンカーとしての設計の考え方と施工結果について、その概要を報告する。

2. 鉛直アンカーの設計

1) 鉛直アンカーの採用

U型擁壁は、両端が箱型トンネルに挟まれる駅部区間に設置された高さ12m、幅20mの構造物である。この擁壁は、下床版下面から約6mの位置に地下水位が達した時が浮上りの限界であったが、当時降り続いた長雨により異常なまでに地下水位が上昇し、レール面で最大1.3mの隆起を生じた。

復旧に当たり、U型擁壁の下床版中央をカットし、その部分にU型構造の軌道敷を新設した。U型部と左右のL型部の接続部は、モルタルアンカー(D32, ctc500mm)を施工したが完全な剛結合とはなりにくく、構造計算上分離した構造で考えた。地下水位の上昇に対する浮上り防止対策としては、水抜き案も考えられたが水処理上の問題があり、鉛直アンカーを採用した。なお、L型部の土水圧に対してはストラットで対処させた。

2) 鉛直アンカーの配置と構造

鉛直アンカーは、地下水位が擁壁天端まで上昇した場合でも浮上りに抵抗出来るものとし、線路方向にU型部2m、L型部4mの間隔で配置した。

アンカー体は、設計上必要な長さ10mを確保するため、粘土層を挟むN値50前後の粘土混り砂礫層に定着させた。アンカーの構造は、コルゲートシースとグラウトによる二重防食を有するアンカー体とし、PC鋼材としてPC鋼より線12φ12.7mmを使用した。また、アンカー用グラウト材にはセメントペースト($\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$)を用いた。(図-1参照)

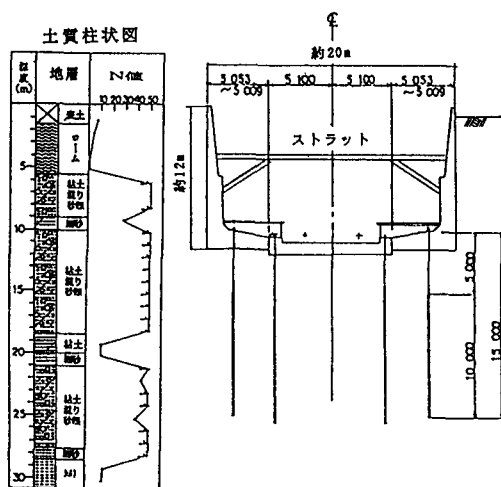


図-1 アンカーの配置

3) 許容アンカー力

土質工学会基準¹⁾に準拠し、許容付着力、許容引抜き力および鋼材の許容引張り力の3条件から算定し、135tfを許容アンカー力とした。なお、許容引抜き力の算定に用いた安全率は、土質工学会基準が常時の場合2.5であるのに対して、擁壁天端までの地下水位の上昇は異常時であると判断し、安全率2.0を採用した。

4) 構造物全体の安定に対する検討

構造物をアンカーによって安定させるためには、アンカー耐力の検討の他に、構造物、アンカーおよび地盤の全体を含めた安定の検討を行う必要がある。ここでは、次式により安定の検討を行った。(図-2参照)

$$\text{安全率}(F_s) = \frac{\text{土塊重量} + \text{コンクリート重量}}{\text{浮力}} = \frac{200+120}{250} = 1.28 > 1.1$$

一般に安全率は土塊側面の摩擦を考慮して $F_s = 1.2 \sim 1.5$ の値が採用されているが、ここでは側面の摩擦を無視して $F_s = 1.1$ とした。

3. 鉛直アンカーの施工

1) アンカー用グラウトの配合

グラウトには、早期強度を得るために、混和剤として早強型減水剤を使用した。試験練りの結果、1日強度で目標とした $240\text{Kg}/\text{cm}^2$ を得た。

2) 定着時緊張力

アンカーの有効緊張力は、許容アンカー力の80% ($P=108\text{tf}$) に設定した。これは許容引抜き力の安全率が計算上2.5を確保できる大きさである。有効緊張力に対して、セット量6mm およびクリープ、リラクセーション等による荷重損失10%を考慮し定着時緊張力を128 tfに設定した。

3) アンカー試験

アンカー試験は、土質工学会基準に準拠し、基本試験(3本)、適性試験(5本)、確認試験(残り全数)を行った。基本試験3本のうち1本は定着長10mで行い、他の2本は定着長を2mと短くし粘土層の上部(深度17m付近)と下部(深度23m付近)の砂礫層にそれぞれ定着した。

計画最大試験荷重170tfに対して、上部砂礫層へ定着したT-2アンカーは136tfの荷重でアンカー体が引抜け、弾性変位量も上限の許容限界線を越える結果となった。なお、他の2本の基本試験については引抜けることもなく適正な弾性変位量であった。

T-2アンカーの試験結果から、アンカー体定着長10mの場合の極限引抜き力 T_{us} を次式により推定した。

$$T_{us} = \frac{E \cdot A \cdot \alpha}{k_s} \tau_{us} \cdot \tanh(\alpha \cdot \ell_a)$$

$$\alpha = 2\sqrt{k_s / (E \cdot D)}$$

$$E = (E_c \cdot A_c + E_s \cdot A_s) / A$$

$$A = A_c + A_s$$

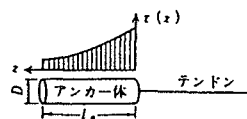


図-3 周面摩擦抵抗の分布

ここで、 k_s (せん断地盤反力係数) は、建造物設計標準解説(基礎構造物)²⁾に示されている場所打ち杭の鉛直方向せん断地盤反力係数の算定式 ($k_s = 0.03 \alpha E_o D^{-3/4}$) により $k_s = 5.32\text{Kg}/\text{cm}^3$ とした。T-2アンカーの引抜き力から推定される τ_{us} (周面摩擦抵抗の極限值) は、 $17.4\text{Kg}/\text{cm}^2$ であった。この値から定着長10mの場合の極限引抜き力 T_{us} を算定すると $T_{us} = 289\text{tf}$ となり、設計上の極限引抜き力を上回ると考えられる。

4. おわりに

グラウンドアンカーは、施工が完全に行われたとしても地盤や地下水など周辺環境の影響を受けやすい。このため、アンカーおよびアンカーされた構造物を定期的に点検、観測する目的で、U型擁壁の変位測定および水位測定を行うと共に、管理用アンカーによる荷重測定および防錆油の点検を将来にわたり行うこととした。

列車運転再開後、数週間を経過しているが、構造物の変位およびアンカー導入力の減少等は生じていない。今後は列車振動等によるアンカーへの影響について更に詳細な検討を加え、鉄道分野におけるグラウンドアンカー本設利用の拡大を検討したい。

参考文献 1) 土質工学会基準「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」土質工学会 平成2年2月

2) 建造物設計標準解説(基礎構造物) 東日本旅客鉄道株式会社 昭和62年4月