# 積雪寒冷地で施工されたアンカー式補強土壁の引抜き試験

土木研究所 寒地土木研究所　正会員　○橋本　聖
同上　山梨　高裕
同上　正会員　林　宏親
同上　正会員　山木　正彦

## １．目的

積雪寒冷地において冬期に構築された補強土壁は、凍結土等が盛土内に混入し融雪期にこれらが圧縮沈下することで壁面が大きく変状する可能性がある。本報告は、北海道内において冬期に構築した既設のアンカー式補強土壁を対象に補強材引抜き試験を実施し、補強材の引抜き量と設計引張力（= 土圧）ならびに許容引抜き抵抗力の関係から、アンカーの引抜き特性および既設アンカー式補強土壁の健全性について考察する。

## ２．現場概要

### ２．１　試験箇所及び施工条件

引抜き試験は北海道北見市に構築された既設アンカー式補強土壁を対象に、土被り厚の異なる 3 箇所で実施した。試験箇所の断面図を**図-1**に示す。当該補強土壁は壁高 H=8m（かさ石コンクリート_h=1.5m）で 2009 年に施工されたものであり、試験現場近傍の AMeDAS データによると、施工期間（11 月 30 日～12 月 20 日）のうち、12 月初旬では日平均気温がプラスの日があったものの、12 月 8 日以降は氷点下の日々が続く施工条件であった。盛土材は粘性土混じり砂質礫であり、アンカー式補強土壁の盛土材として適した材料が使用された[1)]。

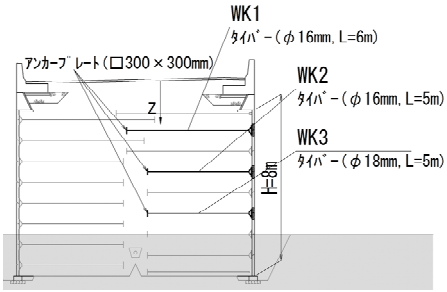


図-1　試験箇所断面図

### ２．２　現場引抜き試験方法

引抜き試験方法は次の手順で実施した。一連の作業を実施するために必要な足場を設置したあと、引抜き試験箇所の壁面コンクリートをブレーカーで破砕して壁面と補強材（タイバー）の接続部材（インサート、ダブルコネクター）を取り外してタイバーを露出させた。タイバーにテンションバーを接続したあとセンターホールジャッキを設置した。なお、センターホールジャッキと壁面コンクリート間に反力板（矩形状鋼板）を設置して、壁面に集中荷重が作用しないようにした（**図-2**）。

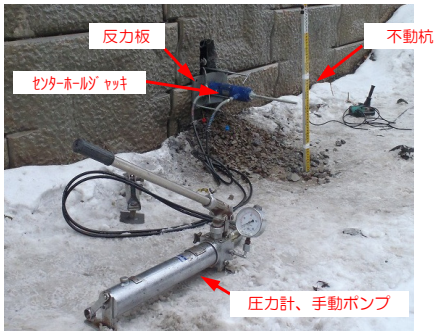


図-2　引抜き試験装置

**表-1** に各土被り厚における補強材（タイバー）規格ならびに各引抜き抵抗力を示す。載荷方法は多サイクルによる段階載荷とした。まず、5kN の荷重を載荷し、所定の荷重に達したあと 5 分間荷重を保持した。その後、荷重を一旦完全に除荷（0kN）した。次段階以降の載荷重は 5kN の n 倍（n：整数）で、①載荷→②荷重保持→③除荷、を 1 サイクルとして繰返し引抜き試験を実施した。変位量は所定まで荷重を載荷した段階、5 分間荷重を保持した段階、荷重を除荷した段階で計測した。試験終了の目安は、最大引抜き荷重が許容引抜き抵抗力 $S_a$ を超過した時点とした。設計引張り力 $S_d$ は補強材の敷設位置と同じ土圧であり、許容引抜き抵抗力 $S_a$ はアンカープレートの極限引抜き抵抗力 $S_f$ を安全率（$F$=3）で除した値である。いずれも盛土材の一般値（$\gamma$=19kN/m$^3$、$\phi$=30°、c=0kN/m$^2$）を用いてマニュアル[1)]の式より導いた。

表-1　試験箇所断面図

| | 試験位置 | 補強材（タイバー）規格 | 設計引張り力 Sd（kN/本） | 許容引抜き抵抗力 Sa（kN/本） |
|---|---|---|---|---|
| WK1 | z=2.5m | φ16mm, L=6m | 12 | 21 |
| WK2 | z=4.5m | φ16mm, L=5m | 20 | 34 |
| WK3 | z=6.5m | φ18mm, L=5m | 28 | 48 |

※ z：盛土天端からの深さ（m）

キーワード：アンカー式補強土壁、現場引抜き試験、積雪寒冷地

連絡先：〒062-8602　札幌市豊平区平岸１条３丁目１番３４号　寒地土木研究所寒地地盤チーム　TEL:011-841-1709

**図-3** は各土被り厚における載荷重 P と引抜き量 $\delta_t$ の関係を示す。WK2、WK3 の荷重変位曲線をみると、P＜45kN までは $\delta_t$=5mm 程度の引抜き量であったが、P≧45kN は各載荷段階でそれ以上の引抜き量が生じた。これは、P＜45kN までは初期の弾性的な挙動が卓越したものであるのに対し、P≧45kN では地盤が局所せん断破壊したような破壊形態と考えられる。一方、WK1 は P＞20kN の各載荷段階において、5 分間の荷重保持時に引抜き量が増加する大きなクリープ変位が確認された。

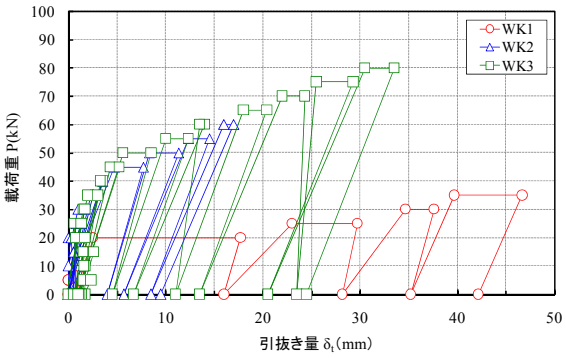


図-3 載荷重 ～ 引抜き量の関係

**図-4** は各載荷段階の引抜き量を弾性変位量 $\delta_e$ と塑性変位量 $\delta_p$ に分けて整理した。この理由として、載荷重（=引抜き抵抗）がタイバーの弾性域とアンカープレートの引抜けである塑性域で分担する割合を把握するためである。図中の（設計）は $S_d$、（許容）は $S_a$ を示す。いずれのケースも $S_d$ における弾性・塑性変位量はそれぞれ最大で $\delta_e$=2mm、$\delta_p$=2mm の範囲内、$S_a$ も同様に $\delta_e$=7mm、$\delta_p$=4mm の範囲内にあった。以上より、アンカー式補強材の引抜き特性は、載荷重の初期段階からタイバーの弾性変形とアンカープレートの引抜けによる塑性変形の双方によって引抜き抵抗を得ていることがわかった。

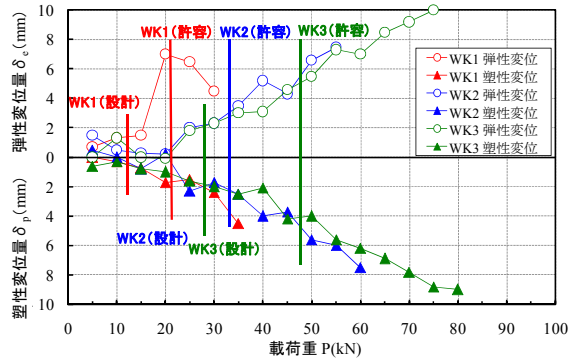


図-4 載荷重 ～ 弾性変位量・塑性変位量の関係

**図-5** は引抜き荷重 P を極限引抜き抵抗力 $S_f$ で正規化したものを縦軸に、引抜き変位量 $\delta$ をアンカープレート幅 B（=300mm）で正規化したものを横軸で整理した。いずれも無次元化することで土被り厚やプレート寸法などに関係なく現象をパターン化して評価することが可能である。

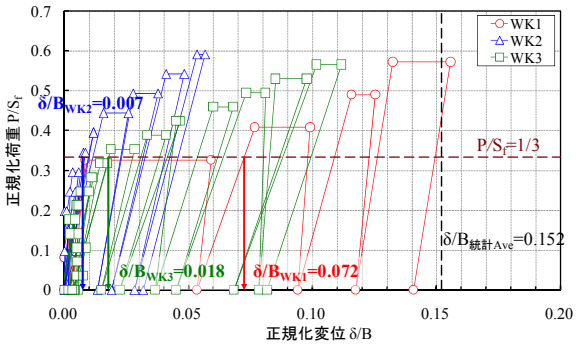


図-5 正規化荷重 ～ 正規化変位の関係

評価対象は既往の研究成果[2)]を含めて考察するため、載荷重が $S_a$ に達した値を $S_f$ で除した値（正規化変位 P/$S_f$=1/3）を閾値とした。P/$S_f$=1/3 に至る WK1～WK3 の $\delta$/B は $\delta$/B=0.007～0.072 であり、既往の研究で得られた正規化変位の平均値 $\delta/B_{ave}$=0.152（27 現場）と比較して 1/20～1/2 程度であった。今回の試験では、WK1 において $S_a$ 附近でクリープ量や弾性変位量が大きくなる傾向が得られた（**図-3**）。しかし、補強土壁は壁面に作用する土圧（=壁前面への変形しようとする力）に対して土と補強材の拘束補強による引抜き抵抗力で安定を図る柔な構造が特長であることを踏まえ、設計土圧に相当する引抜き抵抗力 $S_d$ の $\delta$/B は P/$S_f$=1/3 のそれと比較して非常に小さいことを考慮すると、調査した既設アンカー式補強土壁は健全な状態にあると推察される。

## 4．まとめ

冬期施工がアンカープレートの引抜き抵抗へ与える影響を確認するために、現場引抜き試験を実施した。その結果、アンカー式補強材の引抜き特性は、載荷重の初期段階からタイバーの弾性変形とアンカープレートの引抜けの双方によって引抜き抵抗を得ていることがわかった。また、設計土圧に相当する正規化変位は相当に小さいことが推察された。現在、既設補強土壁の健全性を定量的に評価する具体的な手法は確立されていないため、既設アンカー式補強土壁の健全性評価手法の確立に向けてデータを蓄積していきたい。

【参考文献】1) (財)土木研究センター：多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル（第 3 版）、pp.33-35、2002. 2)中村洋丈、高木宗男、小林悟史、小浪岳治:アンカー式補強土壁の健全性評価試験結果の一考察、土木学会第 65 回年次学術講演会 Ⅲ-182, pp.363-364，2010.