

III - 395

主に凍上作用によって破断したグラウンドアンカーの事例について

北海道開発コンサルタント(株) 正員 ○ 奈良 義明
 北海道 小林 雅之
 北海道 西田 健一

1. はじめに

切土のり面対策工として、図-1に示すように張コンクリートにグラウンドアンカーを併用させる構造物としたが、施工後数年でこのグラウンドアンカー数本が突然破断し、張コンクリートから飛び出すという変状が起った。

本報告はこの原因を究明するために、グラウンドアンカーを取りまく外的要因、環境条件、アンカー材の機械的性質について調査・計測・試験を実施し定量的に数値解析し対策工の一手法となるよう検討したもので、ここに紹介する。

2. 設計の内容

地質は、崖錐堆積物と火山砕屑物で構成されている。張コンクリートの1ブロックの大きさは、コンクリートの打設高さなど施工性を考慮して高さ4.0m、幅10.0m、壁厚40cmとしている。

グラウンドアンカーは、PC異形鋼棒 $D=23\text{mm}$ を採用し計算結果は次のとおりである。

- ① 自由長 5.00m 定着長 5.00m~7.50m
- ② 設計アンカー力 $P_0 = 13.8\text{t/本} \sim 21.50\text{t/本}$
- ③ 降伏点荷重 $39.4 \times 0.75 = 29.55\text{t/cm}^2 > 21.50\text{t/cm}^2$
- ④ 引張荷重 $45.7 \times 0.60 = 27.42\text{t/cm}^2 > 21.50\text{t/cm}^2$
- ⑤ 伸び量 (21.50t/本の場合) 自由長部 1.20cm, 定着長部 0.25cm

3. 破断アンカーの状況

昭和62年10月~11月にかけて施工したグラウンドアンカーが平成2年2月に破断したのを皮切りに同年8箇所、平成3年には5箇所変状があった。

破断したアンカーの特徴から次の共通点があることが判った。

- ① 破断時期は2月~3月の厳寒期に発生している。
- ② 破断長は4.0m~5.0mで自由長と定着長部の境界付近に集中している。
- ③ 施工後、2~3年以内の比較的短期間で発生している。
- ④ 破断した場所は散在していたが、上段部と中段に集中している。
- ⑤ 破断面はいずれも断面変化のない脆性破壊をしている。

4. 原因推察のための調査・試験

破断したアンカーの特徴と共通点から原因は次のいずれかと推察し、表-1に示す調査・試験を実施した。

- ① 地すべり力、または地下水上昇による過剰な外力。
- ② 約400本以上のアンカーを施工したうちの32本程度と少数のため材質欠陥。
- ③ 凍上による繰返し疲労破壊。

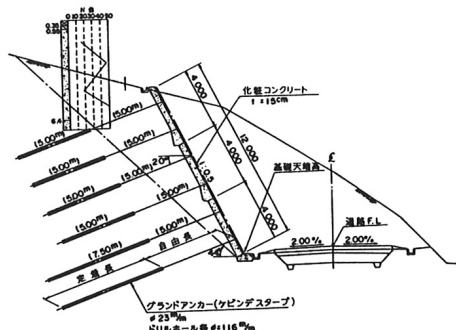


図-1 標準断面図

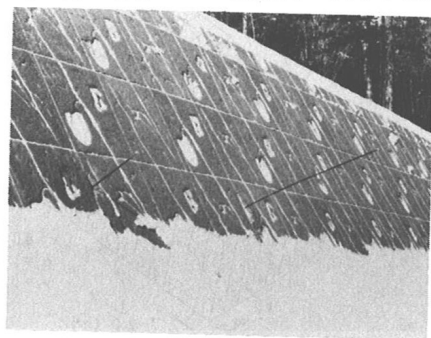


図-2 破断鋼棒突出状況

- ④ 凍上による過剰な外力
⑤ 応力腐食による遅れ破壊。

表-1 調査・試験

	調査・試験	対象内容
①	傾斜計	地下水の位置、地すべりの確認
②	外気温	外気温
③	地中温度計	凍上量の測定
④	撓壁の変位量	凍上量（1ヶ所当り上下2点）
⑤	荷重計	凍上力
⑥	鋼棒の軸力と温度	
⑦	土の凍上試験	凍上の可能性
⑧	室内土質試験	粒度、比重、PH値
⑨	PC鋼棒の試験・分析	鋼棒の特性

5. 調査試験結果のまとめ

地すべり等の過剰な外力はなく、また、破断したアンカーの金属組織、硬度に異常値は認められないことから、材質欠陥でないことが判った。地中温度計による凍上量の測定ではコンクリート表面から1.30mを示し、凍上による持ち上げ量は最大で27m/mであった。また、荷重計による凍上力の測定では最大値44.5tを示しほぼ引張荷重値に到達していた。しかし、この27m/m程度の凍上量ではアンカーが破断しないことから凍上による単純なオーバーストレスだけでないことが判った。走査電子顕微鏡による断面の観察では、図-3に見られるように表面近傍に起点と思われるところがあり、その部分から徐々に亀裂が進展していた形跡があり、遅れ破壊に近い状況を示していた。

6. 対策工の選定

対策工の選定にあたっては、凍上の負荷応力が最大の要因となっているため、凍上力を減衰させることを最大目的とし、張コンクリート裏面に排水管を通すこととした。

7. おわりに

破断した時期が2～3月にかけて発生したので、凍上が全ての原因だろうと考えた。

しかし、凍上は水、土質、気温の三要素からなり、当工事箇所の地下水は設計当初から低いことが確認されており、破断直後のボーリング結果でも低位置のままであった。そのため、室内土質試験による土壌分析を行った結果、土粒子に吸着している土中水が水の供給源であることが判った。

しかし、それだけで破断の原因が凍上だけと絞りきれなかった。

例えば、凍上の負荷応力が大きくPC鋼棒が引張破断を受けたとき、通常、伸び、絞りのある延性破断を示すが、破断したPC鋼棒のほとんどが脆性破断をしていた。その他、凍上による繰返し疲労破断と思われる破断したPC鋼棒が施工後2～3年以内で発生しており、単純な疲労破断でないことも判った。

また、低温による脆性破断もあるが、-30℃程度では考えられないことが、実験結果で明確であった。

最近、土質工学会でも遅れ破壊によって破断したグラウンドアンカーの事例を紹介しているが、このメカニズムについてはまだ完全に解明しているとはいえない。今回の調査結果でも遅れ破壊が原因であると結論ができなかった。それは、PC鋼棒の表面に腐食孔（サビ類）が認められたが、これが施工前からのものなのか、遅れ破壊特有の化学反応によって腐食孔が形成されたのか不明だからである。調査・試験結果から反省点として次のようにまとめた。

- ① 凍上力の大きさが最大の要因であることに変わりはない。凍上力がPC鋼棒の降伏点に達していたことは致命的であった。構造物としては、例えば、吹付格子法砕工とグラウンドアンカーの併用など、凍上を考慮した工法も検討すべきであった。
- ② PC鋼棒の表面にサビやキズが認められたこと。

サビやキズが弱点になることは当然である。しかも、降伏点以上の応力が負荷された状態である。これは施工前か施工後なのかは判明できないが、自由長に集中していたことを考えれば、防錆処理の不徹底も考えられる。最後に、調査・試験は、平成3年度も継続して実施され、特に今回は極限凍上力と最大凍上量を定量的に把握し、今後の対策工に寄与するために行うことを目的としている。

<参考文献>

- 1) 西田, 奈良: グラウンドアンカーの凍上被害と対策検討について、北海道土木技術研究会, 技術研究発表報告集平成2, 3年度
- 2) 日刊工業新聞社: 金属破断面の見方。吉田 亨著



図-3 破断面図