

# グラウンドアンカーの飛出し防止処置に関する海外事例

市川智史・中根 淳

## 1. はじめに

グラウンドアンカー（以下「アンカー」という。）は欧州で開発された工法で、最初の実施は約80年前の1934年、アフリカ・アルジェリア国シェルファイダム（Shelfah Dam）の補強のためのロックアンカーとして知られている。また、日本への技術導入は、1957年の藤原ダムにおける副ダムのプレストレスアンカーが最初であり、現在まで国内で広く普及し、構造物や地盤の補強を目的とした地盤構造物のひとつとして、重要な位置を占めている。

1988年に制定された地盤工学会基準<sup>1)</sup>において、アンカー構成部材の二重防食が明記され、防食構造は大きく改善されたものの、それ以前に施工されたアンカー（以下「旧タイプアンカー」という。）については、腐食に起因するアンカー引張材（テンドン）等の部材の破断に課題を抱えた状況にある。

「グラウンドアンカー維持管理マニュアル」<sup>2)</sup>によれば、テンドンの破断時の残存緊張力が大きく、破断箇所が深部に位置するほどアンカー頭部に加わる衝撃は大きいと報告されている。また、テンドンの飛出し・落下防止の応急処置には、以下の事例が示されている<sup>3)</sup>。

- ① アンカー頭部に帯鋼板を取り付けて、のり枠に固定する事例
- ② アンカー頭部に鋼製キャップを被せ、ワイヤーで固定して飛出しを防止する事例
- ③ アンカーの前面に鉄板を設置し、斜面全体を落石防護網で覆う事例

これらのテンドンの飛出し防止の処置事例の効果に関して、データ収集を目的としたアンカーの破断実験の報告<sup>4)</sup>によると、ワイヤーや帯鋼板を設置することで飛出し距離を抑えられるが、一部の実験ケースではアンカーボルトの引抜けや帯鋼板を貫通する等の事象が報告され、第三者被害の

防止を含む安全の確保には課題を残している。

以上のように、テンドンの飛出し防止処置には、第三者被害を防ぐためにも、テンドンが頭部の防護材を突き抜けないこと、および固定用のアンカーボルトが引抜けないことが最も重要となる。

本文は、海外事例の一つではあるが、スイスで開発中の飛出し防止装置を現地調査する機会があり、立ち会った実証実験から得られた、わが国における飛出し防止処置の改善、普及に資する知見を報告する。

## 2. 調査対象の飛出し防止装置の特徴

### 2.1 飛出し防止装置の概要

飛出し防止装置の概要を図-1に示す。高さ350mm×一辺200mmの鋼製の直方体の本体ボックスの側面に、同じく鋼製の一辺90mmの正立方体のブレーキボックスが取付けられている。テンドンが突き抜けないように、本体ボックスの頭部箇所は側面よりも4倍ほどの厚みがある。

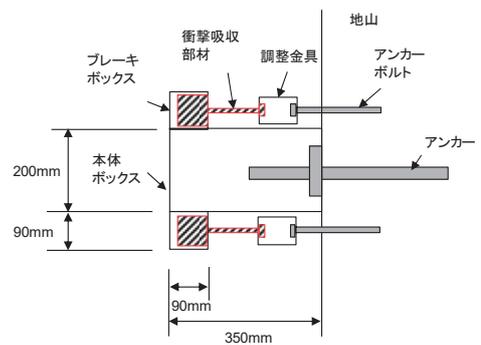


図-1 飛出し防止装置の概要



写真-1 装置設置後の外観

ブレーキボックス内には、鋼棒をコイル状に隙間なく巻いた衝撃吸収部材が収納され、調整金具を介して地山に固定したアンカーボルトと結合している。アンカーの飛出しによる衝撃エネルギーは、このコイルがほどけるように伸び変形をしながら吸収して、アンカーボルトに過度な引抜け力が作用しないような構造としている。設置後の外観を写真-1に示す。

なお、装置全体は18kgと比較的軽量で、手作業にて設置できるため、緊急時を含む応急対策等としての適用が期待できる。

### 2.2 衝撃吸収部材と変形メカニズム

衝撃吸収部材を写真-2に示す。ステンレス製の鋼棒（φ10mm）の一端をコイル状（φ73mm）に7巻し、飛出しによる衝撃荷重に対して、コイルがほどけるように伸び変形をする。写真-2は、設置段階で7巻のコイルが衝撃荷重によりほだけ、3巻程度を残した状態を示している。

アンカーの飛出しによる衝撃荷重が作用した際の吸収過程と、衝撃荷重作用後の状況を図-2に示す。衝撃荷重に対しては、衝撃吸収部材のコイル部が伸びてエネルギーを吸収することで、ブレーキボックスと調整金具の間には過度な張力が作用せず、衝撃吸収部材の破断、アンカーボルトの引抜け、本体ボックスおよびブレーキボックスの破損を防ぐ構造である。

アンカー衝撃時に作用する応力分布は、写真-3に示すように、三次元FEMによる衝撃・構造解析を用いて事前に精査し、想定する衝撃荷重に対して各部材が破損しないように、衝撃吸収部材の鋼棒の径（φ8またはφ10）および本数（2本または4本）が選定される。

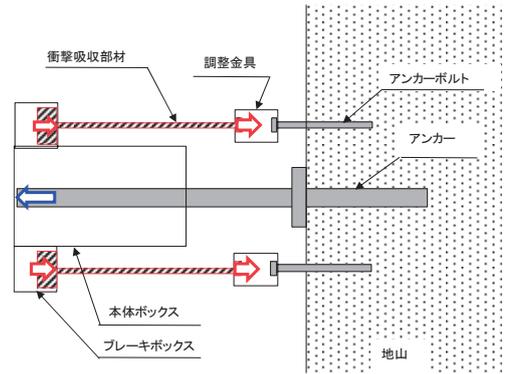


衝撃荷重作用前（設置段階）



衝撃荷重作用後

写真-2 衝撃吸収部材



衝撃荷重の吸収過程



衝撃荷重作用後の状況

図-2 衝撃荷重における荷重分布

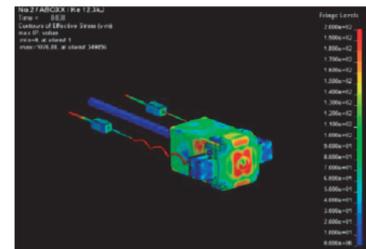


写真-3 解析による衝撃発生時の応力分布

## 3. 調査対象の飛出し防止装置の実証実験

### 3.1 実証実験の概要

実験装置の概要を図-3に示す。アンカーとなる丸鋼（φ36mm、断面積A=10.18cm<sup>2</sup>）に引張力（F=830kN）を付加し、先端から長さL=6.34mの位置で丸鋼を熱切断して、アンカーが飛び出す現象を再現している。この時の衝撃エネルギーは、以下の式で算出される。

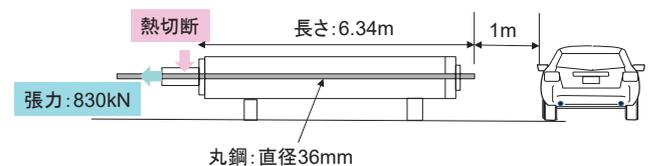


図-3 実験装置の概要図

土研センター

$$J = \frac{F^2 L}{2EA} = \frac{830^2 \times 6.34}{2 \times 2.1 \times 10^4 \times 10.18} = 10.21(kJ)$$

ここに、J：衝撃エネルギー（kJ）

F：アンカーに作用する引張力（kN）

L：アンカー先端からの長さ（m）

E：アンカーの弾性係数（kN/cm<sup>2</sup>）

A：アンカーの断面積（cm<sup>2</sup>）

飛出し防止装置の設置の有無による効果の差を検証するため、2ケースの実験が実施された。実験時のアンカーの切断状況を写真-4に示す。アンカー頭部から1m前方には車を配置し、車両の走行状況をイメージしている。なお、飛出し防止装置には、2本の衝撃吸収部材が使用された。



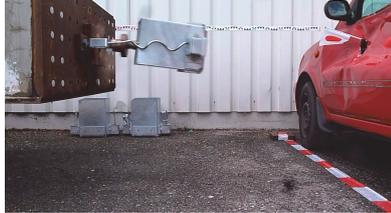
写真-4 アンカー切断状況

3.2 実証実験の結果

飛出し防止装置の有無による実験結果を対比して表-1に示す。飛出し防止装置の無いCASE1では、飛出したアンカーは車体を貫通し、第三者被害が起こり得る状況にある。飛出し防止装置を設置したCASE2では、アンカーの飛出しは抑えられ、車体にも到達していない。（注：車体の貫通痕は、CASE1による）

実験後の本体ボックスの状況及び実験前後の衝撃吸収部材を写真-5に示す。アンカーの飛出しに

表-1 実験結果

	CASE1 飛出し防止装置 無	CASE2 飛出し防止装置 有
設置状況	 飛出し防止装置無し	 飛出し防止装置を設置
実験中	 アンカーの飛出しが発生	 アンカーの飛出しを抑制
実験後	 アンカーが車体に衝突	 アンカーの車体への到達を防止
実験結果	飛出したアンカーは車体を貫通。第三者被害が懸念される。	車体への到達を防止。飛出し量は20cm程度に抑えられ、第三者被害を防止できる。

より、本体ボックスには凹みが生じたものの破損はなかった。また、実験後の衝撃吸収部材は、衝撃によりコイル部がほどけ、4巻残して伸びた状態でブレーキボックス内に留まっており、アンカーボルトも引抜けていない。

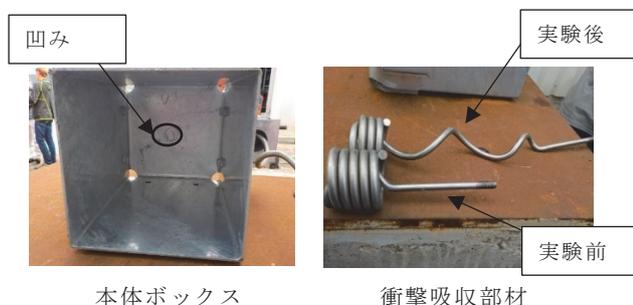


写真-5 実験後の写真

### 3.3 実証実験のまとめ

前述したアンカーの飛出し防止処置の課題である、アンカー頭部に配置した防護材からのテンドンの突き抜けや、アンカーボルトの引抜けは、想定される衝撃荷重に耐えられる本体ボックスの強度と、衝撃吸収部材の適切な仕様の選定により防ぐことが可能であり、応急処置の飛出し防止装置として十分な機能を有している。

## 4. まとめ

グラウンドアンカーが日本に導入されてから、半世紀以上を経過した。近年では防食技術も向上しているものの、導入初期の旧タイプアンカーについては、腐食に起因するアンカーの飛出し現象を、確実に抑える技術の確立が求められる。

今回、現地調査した飛出し防止装置及びその実証実験によれば、コイル状の衝撃吸収部材を使用することにより、アンカー頭部の防護材からの突き抜けや、固定用のアンカーボルトの引抜けが防止できる可能性が得られた。なお、装置が比較的軽量であり、部材の交換の容易性を図ると、応急処置対策に有効であると思われる。

本文は、限られた海外事例の調査であるので、今後は、更に、①より詳細な飛出し防止メカニズムの把握と適用範囲を明確にすること、②塩害区域での適用には、飛出し防止装置自体の腐食に対する耐久性を検証すること、③比較的小規模な処置事例であり、斜面安定工等の大規模な処置には、別途、その効果を検証すること、などが必要と考えられる。

## 謝 辞

本文は、2018年に筆者が参加した、合同会社アンカーアセットマネジメント研究会の主催によるスイスでの現地調査の報告である。同調査の受け入れや資料の提供を頂いたGeobrugg社をはじめ、関係者の皆様に深く謝意を示します。

## 参考文献

- 1) 梅原康文：「グラウンドアンカー設計・施工基準」(JSF規格：D1-88)について、土と基礎、37-2、pp.78～85、1989.2
- 2) 土木研究所、(一社)日本アンカー協会、国立大学法人三重大学、(株)高速道路総合技術研究所：グラウンドアンカー維持管理マニュアル、技報堂、p94、2020.9
- 3) 土木研究所、(一社)日本アンカー協会、国立大学法人三重大学、(株)高速道路総合技術研究所：グラウンドアンカー維持管理マニュアル、技報堂、pp.189～191、2020.9
- 4) 谷崎優也、市橋義治、弘田明志、常川善弘：PC鋼棒アンカーの飛び出し防護対策における基礎実験について、全地連技術フォーラム2019、No.97、2019.9

市川智史



(一財) 土木研究センター技術研究所土工構造物研究部 主任研究員、博士 (工学)  
Dr. ICHIKAWA Satoshi

中根 淳



(一財) 土木研究センター技術研究所土工構造物研究部長  
NAKANE Atsushi