

地震により損傷したアンカー付擁壁の健全性調査について

グラウンドアンカー 抑止工 地震

(株)愛媛建設コンサルタント 正会員 ○山本 温
 三重大学大学院 国際会員 酒井 俊典
 (国研)土木研究所 正会員 宮武 裕昭, 近藤 益央, 藤田 智弘, 横山 一輝
 日本地研(株) 国際会員 田口 浩史
 アジア航測(株) 正会員 阪口 和之
 川崎地質(株) 正会員 高梨 俊行
 北海道士質コンサルタント(株) 非会員 山下 英二
 (株)エスイー 非会員 早川 道洋

1. はじめに

平成 28 年 4 月 16 日に発生した熊本地震により、南阿蘇村沢津野地区の濁川沿いに施工されているグラウンドアンカー(以下、アンカー)付もたれ擁壁に、アンカーの破断と擁壁の座屈損傷が確認された(写真-1)。アンカー付もたれ擁壁は、擁壁の上部に道路拡幅のための路側擁壁として補強土壁工が施工されており、アンカー付もたれ擁壁の変状により、補強土壁工を含む擁壁背後斜面が、不安定化していることが懸念された。

本調査では、もたれ擁壁に施工されたアンカーの健全性調査〔頭部詳細点検、リフトオフ試験(残存引張り力確認試験)、アンカー耐力確認試験〕を実施し¹⁾、損傷後のアンカー付もたれ擁壁の健全性評価と変状要因の推察を行った事例を報告する。

2. アンカー付もたれ擁壁の概要

アンカー工は、平成 13 年に施工され、もたれ擁壁(擁壁勾配 1:0.5)に 2~3 段×10 列で 28 本(SEE F40UA)が施工されている。既往資料調査から、アンカー工の緒元は、設計アンカー力(Td):229kN, 降伏引張り力(Tys)×0.9:297kN, 定着時緊張力:不明, アンカー自由長:12.5~36.0m, アンカー定着長:4.5mとなっている。

アンカー頭部は、コンクリートキャップとアルミキャップの 2 種類が設置されており、河床に近い最下段(1 段目)のアンカー 10 箇所がコンクリートキャップ、2~3 段目のアンカー 18 箇所がアルミキャップとなっている。

擁壁の変状状況は、写真-1 に示すようにアンカー 1 段目と 2 段目の間に水平亀裂が生じて擁壁が座屈損傷し、亀裂は擁壁目地から斜め上方へと連続している。亀裂に囲まれた損傷ブロック内の擁壁目地は、損傷ブロックの上流側で川側前方に約 10cm 押し出しているのが確認された。

3. アンカー健全性調査結果

(1) アンカー頭部詳細点検

外観調査では、写真-2 に示すように頭部コンクリート箇所では、洪水時の転石や流木等の衝突による頭部コンクリートのひび割れや一部損壊等の変状が見られた。また、洪水時の衝突物により、頭部キャップが流出した箇所が 3 箇所確認された。アルミキャップ箇所は、1 箇所(B-2)でアンカーが破断しており、変状に伴う支圧板のズレや回転、角度調整台座のズレ等の変状が確認された。露出点検では、無保護箇所を除きアンカーは防錆されていて、顕著な錆はなく良好な状態を保持していた。

(2) リフトオフ試験(残存引張り力確認試験)結果

試験は 13 本で実施した。試験位置は図-1 の Rtd(残存引張り力 Pe/設計アンカー力 Td 比)分布図に示す位置である。図-1 の Rtd 分布図では残存引張り力は Pe=56~297kN 以上で、Rtd は 24~130%以上を示し、損傷ブロック付近で過緊張領域と低緊張領域が混在する状態であった。一方、損傷ブロックから外れた B-9 や B-10 では Rtd=95%前後と健全な状態を示した。



写真-1 調査地の状況



写真-2 頭部キャップの変状状況

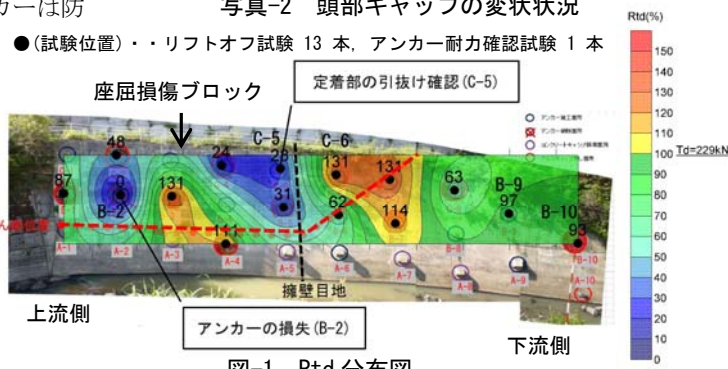


図-1 Rtd 分布図

About the soundness investigation of the leaning retaining wall with anchor damaged by the earthquake
 Atsushi Yamamoto/Ehime Kensetsu Consultant Co.,Ltd, Toshinori Sakai /Mie University, Hiroaki Miyatake, Masuo Kondoh,Tomohiro Fujita, Kazuki Yokoyama/Public Works Research Institute, Kouzi Taguchi/Nihon Chiken Co.,Ltd, Kazuhiro Sakaguchi/Asia Air Survey Co., Ltd, Toshiyuki Takanashi/Kawasaki Geological Engineering Co.,Ltd, Eiji Yamashita/Hokkaido soil consultant Co.,Ltd, Michihiro Hayakawa/SE Corporation

図-2 にリフトオフ試験の $\tan \theta$ 値から求めた逆算テンドン長(1sf)を示す。擁壁損傷ブロック外の B-9 と B-10 は逆算テンドン長と設計テンドン長に近い値を示すが、それ以外の箇所は、逆算テンドン長が極端に短く、変状によりアンカーテンドン部の摩擦や拘束が大きくなっていることが推察される。

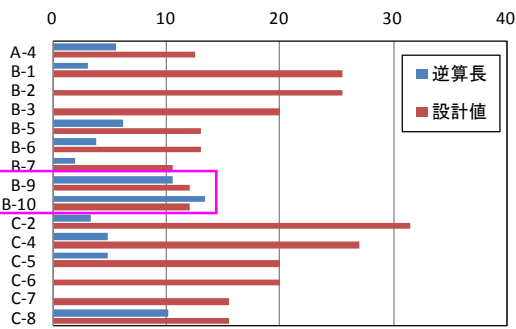


図-2 $\tan \theta$ からの逆算テンドン長 tsf (m)

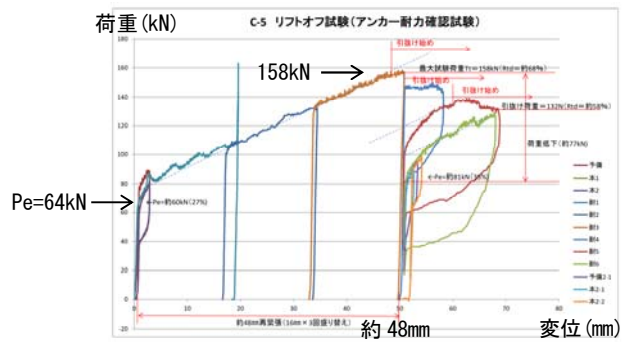


図-3 荷重-変位曲線図(C-5)

(3) アンカー耐力確認試験結果

残存引張力が過緊張（降伏点荷重 T_{ys} の 90%以上）状態のアンカー周辺で、緊張力が低下しているアンカーについて、オーバーロードによるアンカー損傷の可能性が考えられるため、C-5（設計アンカー力比 $R_{td}=28\%$ ）を対象に設計アンカー力までのアンカー耐力を有しているか確認を行った。

試験方法はリフトオフ試験の試験方法に準じて行い、単調載荷により計画最大荷重（設計アンカー力 $T_d=229\text{kN}$ ）にて荷重保持確認を行った。荷重保持は、基準書²⁾の確認試験に準じて $0.2\text{mm}/3\text{min}$ 以下を評価基準とした。

試験結果を図-3 に示す。残存引張力 $P_e=64\text{kN}$ ($R_{td}=28\%$) 確認後の載荷において、 158kN ($R_{td}=68\%$) で荷重が増加しなくなり、設計アンカー力までのアンカー耐力を有しておらず残存引張力の低下が確認された。C-5 アンカーが荷重保持できなかった要因については、荷重増加が見られなくなるまでの逆算テンドン長が設計アンカー自由長より短いことから、テンドンの破断ではなくアンカー体からの引抜けの可能性が高いと推察される。

また、アンカーが損傷した原因について、C-5 アンカーが位置する上流側の擁壁では、目地部を境界に約 10cm 以上前方に押し出されている。C-5 の設計アンカー力から破断（引張り荷重 $T_{us}=387\text{kN}$ ）までの理論伸び量を推定すると約 10cm であることから、C-5 アンカーの変位量と整合しており、C-5 アンカー周辺の荷重低下アンカーは、同様に擁壁変状に伴う損傷を受けている可能性が考えられる。

4. アンカー付もたれ擁壁の健全性評価

リフトオフ試験を実施し、表-1 の健全度評価の目安から健全度区分図(図-4)を作成した。擁壁の健全度区分は、座屈損傷ブロック付近の擁壁の健全度が、「機能していない(D)～破断の恐れあり(E)」に区分されるのに対し、擁壁損傷ブロックから外れた範囲は「健全(A)」と評価される。この結果より、周囲の変状状況と健全性調査結果から、擁壁の変状要因としては、地震時の大きな揺れにより、擁壁上部の補強土壁を含めた擁壁背面の地盤が不安定となり、すべり破壊が発生し、アンカーに当初の設計条件を超えた外力が働いたことで、アンカーの損傷および擁壁の座屈損傷が生じたと推察される。なお、座屈損傷ブロック内では、擁壁目地を境界としてアンカー損傷領域と過緊張領域に区分され、アンカー損傷領域では抑止機能が低下している。

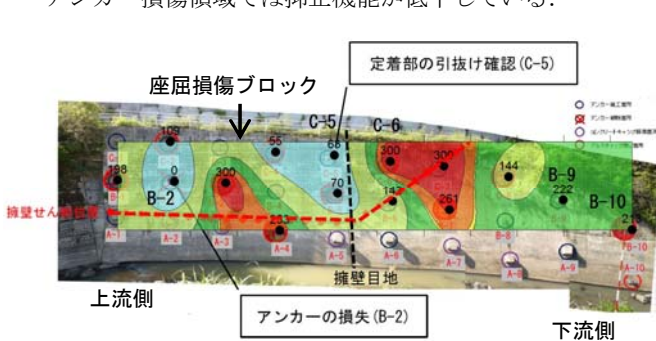


図-4 健全度区分図

残存引張力の範囲	健全度	状態	対応例
$0.9 T_{ys}$	E	破断の恐れあり	緊急対策を実施
$1.1 T_a$	D+	危険な状態になる恐れあり	対策を実施
許容アンカー力 (T_a)	C+	許容値を超えている	経過観察により対策の必要性を検討
設計アンカー力 (T_d)	B+		
定着時緊張力 (P_t)	A+	健全	
$0.8 P_t$	A-	健全	
$0.5 P_t$	B-	機能が大きく低下している	経過観察により対策の必要性を検討
$0.1 P_t$	C-	機能が大きく低下している	対策を実施
	D-	機能していない	

表-1 残存引張力と健全度の目安(一部加筆)³⁾

5. まとめ

アンカー付もたれ擁壁の健全性調査において、リフトオフ試験によるアンカーの残存引張力の分布状況を基に、アンカーの耐力確認を行った。調査の結果、アンカー残存引張力の分布状況から、座屈損傷ブロック付近の擁壁は低緊張領域と過緊張領域が混在し擁壁の健全性が低下しているのに対し、損傷ブロック外の擁壁は健全と評価された。

この結果をうけて、座屈損傷ブロック内の低緊張領域で、アンカー材料を評価するためのアンカー耐力確認試験を実施した結果、低緊張領域のアンカーは、擁壁変状に伴う損傷（アンカー体の引抜け）を受けている可能性が高いことが分かった。一連の健全性調査は、アンカーおよび擁壁の変状状況と健全性を評価する上で有効であることを確認した。

《引用・参考文献》

- 1) アンカーアセットマネジメント研究会：SAAM ジャッキを用いた既設アンカーのり面の面的評価マニュアル（案），2018年1月
- 2) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説，2012年5月
- 3) 土木研究所・日本アンカー協会共著：グラウンドアンカー維持管理マニュアル，2008年，3月