

斜面の地震時安定性評価におけるアンカー工定着部の評価 (その2)

-人工軟岩に対するアンカー引抜き試験-

電力中央研究所 正会員 ○小早川 博亮 正会員 石丸 真 関口 陽 正会員 岡田 哲実
セレス 平賀 健史
関西電力 正会員 小澤 和弘

1. はじめに

アンカー工を設置した斜面の地震時安定性評価フローが提案されている¹⁾。本フローでは、アンカー効果を考慮してのり面のすべり安全率が所要の値を満たすようにアンカーを設計し、その後アンカーの定着部周辺岩盤の健全性を検討することとしている。入力地震動レベルが大きくなってくると、定着部周辺岩盤に引張り破壊が生じることや、場合によっては極限アンカー力を超える引張り力がアンカーに作用する可能性がある。定着部周辺岩盤に引張り破壊が生じた際のアンカーの引抜き力がどの程度維持されるのかについては必ずしも明らかにされていない。

本報告では、アンカー体および周辺岩盤を模擬した小型模型に対してアンカー引抜き試験を実施することにより、極限アンカー力を超えた引張り力が作用した場合の挙動を調べ、定着部付近の岩盤の損傷がアンカー力に及ぼす影響について考察する。

2. 実験方法

実験材料は、岩盤としてセメント系の材料を主体とした人工軟岩、テンドンと耐荷体には炭素工具鋼 SK4、グラウトには早強セメントを用いた。それぞれの材料特性を表-1に示す。供試体は、①岩盤を模擬した直径50mmの円柱供試体を、中央にアンカー設置孔を模擬した直径3.5mm長さ59mmの孔あらかじめ作成した状態で打設し、②脱型後、アンカー設置孔に接着剤を充てんし、テンドンとグラウトで構築した直径3mmのアンカー体を挿入することで作製した。圧縮型のアンカー工を模擬するために、テンドンとグラウトの間にはアンボンド加工が施してある。

試験装置の概略図を図-1に示す。アンカーの引き抜きは、供試体上部のセンターホールジャッキによりテンドンに装着したナットを真上に押し上げることで実現する。実験ケースは、表-2に示すように、周辺岩盤に損傷のないcase1、人工的に水平の割れ目を設けたcase2、アンカー体の強度を確認するcase3とし、case1,2はそれぞれ拘束圧を0, 100, 200, 400(kPa)と変化させて実施した。

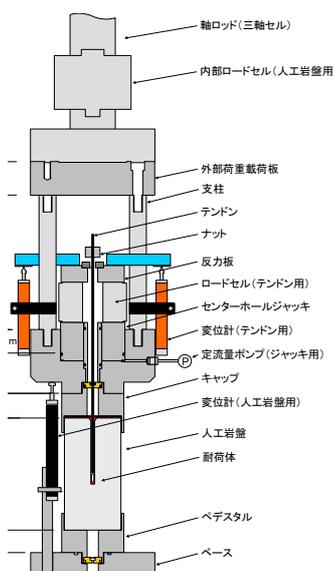
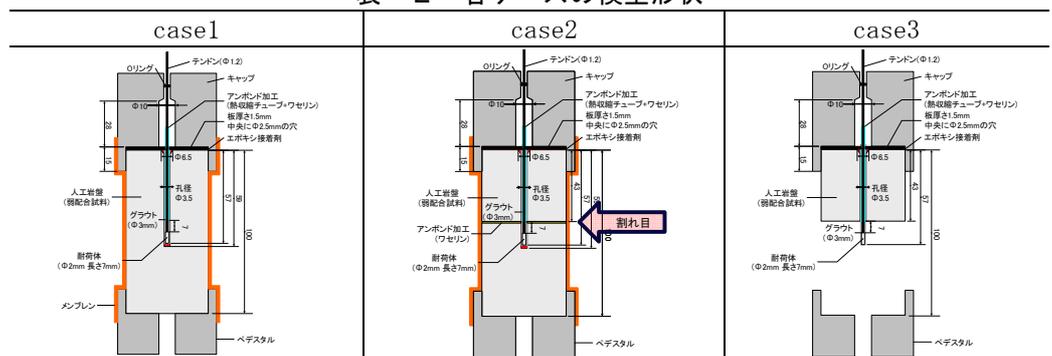


図-1 試験装置の概略

表-1 材料の基本物性値

	密度(Mg/m ³)	ヤング率(GPa)	ポアソン比	強度(MPa)
テンドン	7.85	206	0.30	770 (引張)
グラウト	1.99	4.04	0.30	55.5 (圧縮)
岩盤	2.06	1.61	0.42	0.49 (圧縮)

表-2 各ケースの模型形状



キーワード：斜面，アンカー工，引抜き試験

連絡先：〒270-1194 我孫子市我孫子 1646 E-mail: h-koba@criepi.denken.or.jp

3. 実験結果

アンカー力と引き抜き変位量との関係の一例として、case1の結果を図-2に示す。アンカー力は引抜き変位量の増加とともにほぼ線型的に上昇し、ピークの極限アンカー力を示したのち急激に低下し、その後漸減しながら残留アンカー力を示した。case2, 3においても同様の傾向を示したが、case3は残留アンカー力がほぼゼロとなる点で異なっていた。case1, 2について、極限アンカー力と残留アンカー力を拘束圧ごとに整理した結果を図-3に示す。極限アンカー力は拘束圧によらずにほぼ一定の値を示しているのに対し、残留アンカー力は拘束圧が大きくなると増加するという拘束圧依存性を持つ。また、各ケースの拘束圧ゼロの極限および残留アンカー力を図-4に示す。

4. 考察

(1)極限アンカー力 アンカーの引き抜き特性は、テンドンとグラウト、岩盤、およびそれらの境界の力学特性に影響される²⁾。図-4に示した各ケースの極限アンカー力において、case3の極限アンカー力はcase1, 2の8割程度である。case3では定着部周辺岩盤が存在しないために極限アンカー力はグラウトとグラウトテンダンの境界の強度によると考えられ、裏を返せばcase1, 2との差である2割程度が定着部周辺岩盤の寄与と考えられる。これらのことから、case1, 2における極限アンカー力は主にグラウトおよびグラウトとテンダンの境界の強度によって発揮されていたと言える。このため、極限アンカー力を超えた後の挙動は、周辺岩盤の寄与がないcase3では残留アンカー力は直ちにゼロに低下するのに対し、case1, 2では周辺岩盤の寄与（周辺岩盤の拘束効果や岩盤とグラウトの付着や摩擦）によって残留アンカー力が発揮されている。さらに周辺岩盤の拘束効果には拘束圧依存性がある。これらのことから、地震による慣性力によって極限アンカー力を超えるような荷重が作用した場合にはアンカー力は低下するが、それは直ちにゼロまで落ちるものではなく、残留アンカー力程度は保持されるということを示している。この時、残留アンカー力が保持されるためには、アンカー定着部周辺の岩盤がある程度健全な状態であることが必要なことに注意しなければならない。

(2)定着部周辺とアンカー力：定着部周辺岩盤に必要な健全な状態について考察する。図-4のcase2は、定着部に水平に割れ目が存在する状態を模擬しているが、その程度の損傷は、周辺岩盤の寄与にはほとんど影響しない。定着部周辺の岩盤は地震力の継続によって破壊が進行していくと仮定し、仮にその状態を保守的にcase3に示す無拘束の状態と考えたとする。この場合でも、case3ではグラウトおよびグラウトとテンダンの境界の強度による極限アンカー力は保たれているといえる。ただしcase3では、アンカーの引張り力を定着部周辺の岩盤に伝える機構が存在しないことから、定着部よりも上部の土塊が移動するよう場合にはこの極限アンカー力を設計に反映することは適切ではない。また、同様にアンカー頭部周辺地盤が損傷するような場合にも、地表の反力を十分にとることができないことから、極限アンカー力を保つことはできない。

5. まとめ

直径50mmの円柱供試体に対するアンカー引抜き試験を実施し、極限アンカー力を超えても定着部周辺の岩盤がある程度健全であれば残留アンカー力を保持することなどが分かった。

謝辞：本論文は電力9社、日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)による原子力リスクセンター共通研究(平成29年度)によって得られた成果である。

参考文献 1)西村昇, 森聡, 平川芳明, 小早川博亮, 原口和靖：アンカー工を有する斜面の地震時安定性評価, 第52回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp124-125, 2013. 2)地盤工学会：グラウンドアンカー工法の調査・設計から施工まで, 1997.

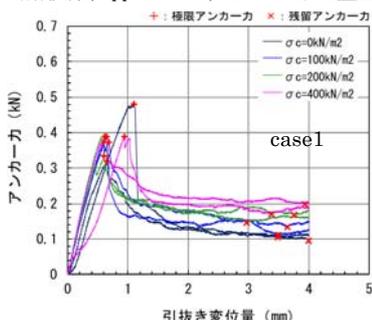


図-2 アンカー力と引抜き変位量

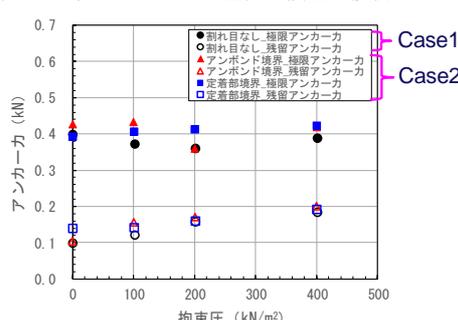


図-3 アンカー力と拘束圧の関係

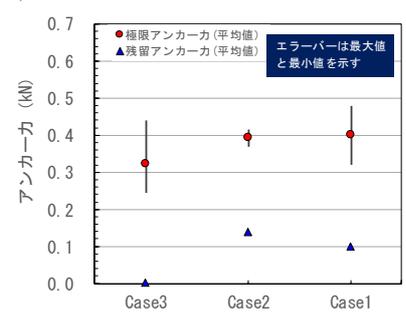


図-4 各ケースのアンカー力