

人工岩盤に設置したアンカー模型に対する引抜き試験—拘束圧の影響—

電力中央研究所
セレス

正会員
○小早川 博亮
平賀 健史

正会員
石丸 真

1. はじめに

岩盤斜面の抑止に対するロックアンカーの地震時の挙動を検討している¹⁾。入力地震動レベルが大きくなると、ロックアンカーの定着部では、解析の上では引張破壊が生じることがあるため、定着部周辺岩盤に引張破壊が生じた際のアンカー引抜き力について検討してきた²⁾。アンカー定着部の模型に対して引抜き試験を実施し、極限アンカー力は低下するものの残留アンカー力が発揮されること、残留アンカー力は割れ目（単一の場合）の影響をほとんど受けないことを明らかにしてきた。また、複数の割れ目やその角度が変化した場合のアンカー模型に対して試験を行い³⁾、定着部付近の耐荷体の拘束に応じて極限アンカー力、残留アンカー力が低下することを明らかにした。本報告では、前報³⁾と同様に作成した供試体に対し、拘束圧を加えた実験を実施した結果を述べる。

2. 試験方法

試験材料は、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。供試体は直径 50mm 高さ 100mm の円柱形状とし、割れ目を配さない「割れ目 0」、割れ目を配した「割れ目 1, 2」の 3 種類とした。割れ目 0 の供試体は、人工岩をモールドに打設した後、中心にアンカー打設用の穴を削孔し、孔内にグラウトを注入した後、アンボンド加工したアンカー模型を挿入することで作製した。割れ目 1 の供試体では、階段状の端面を有する供試体一対をあらかじめ作製しておき、それらを組み合わせることで階段状の割れ目を模擬した。割れ目 2 の供試体は、割れ目 1 の供試体を組み合わせた後、岩石カッターで切断することにより水平の割れ目を追加した。割れ目を有する供試体の形状を図-1 に、また、試験装置を図-2 に示す。供試体上部に設置したセンタホール型の油圧ジャッキがテンドン固定具を上方に押し上げることでアンカーを引抜く構造である。拘束圧は、300kPa、500kPa の 2 ケースを実施した。試験は引抜き速度一定（0.01mm/min）で引抜き変位 7mm まで実施し、荷重の最大値を極限アンカー力、極限アンカー力が発揮された後、荷重の最小値を残留アンカー力として整理した。

3. 試験結果と考察

供試体の種類毎に極限アンカー力と残留アンカー力を整理したものを図-3 に示す。図-3 では、供試体を CT 撮影することにより耐荷体周辺のグラウトの気泡の有無などを確認した結果を反映させて記号を分けて図示している。気泡が混入している供試体を除けば、割れ目の系列が増加すると極限・残留ともにアンカー力

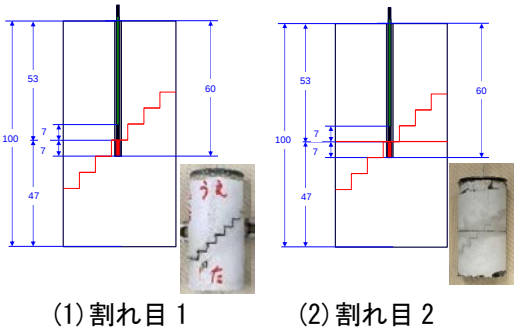


図-1 割れ目の入った供試体の形状

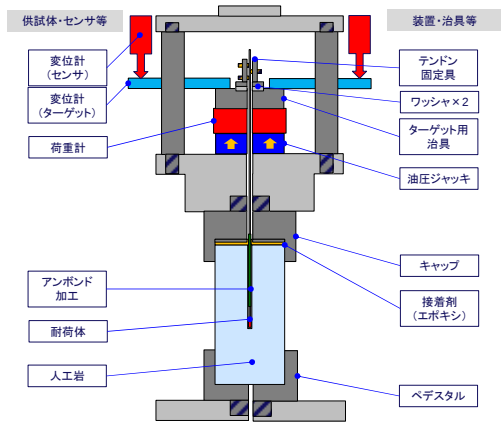


図-2 装置の概略

表 1 材料の物性値

	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	708 (引張)
グラウト	2.08	7.72	0.32	76.2 (圧縮)
岩盤	2.08	2.69	0.34	0.90 (圧縮)

キーワード：岩盤，アンカー工，割れ目，模型試験，拘束圧
連絡先：〒270-1194 我孫子市我孫子 1646 E-mail: h-koba@criepi.denken.or.jp

は低減すること、気泡が混入している供試体は極限アンカー力が小さい傾向にあることがわかる。この図からは拘束圧によるアンカー力の明瞭な増減傾向は認められない。

(1) 拘束圧とアンカー力の関係

拘束圧とアンカー力の関係を、割れ目の有無で分けて図-4 に示す。割れ目を含まない場合（図-4(1)）、極限アンカー力は拘束圧が増加するとばらつきの幅が小さくなる傾向にあるが、その大きさは拘束圧がない場合と顕著な差は認められない。残留アンカー力についても同様の傾向がある。割れ目を含む場合（図-4(2)）には、耐荷体周辺に気泡混入が認められた供試体を除けば、拘束圧が作用することによって、極限・残留ともにアンカー力のばらつきの幅が小さくなり、拘束圧がない場合の平均的な値に収束する傾向が認められる。これらのことから、拘束圧は極限、残留ともにアンカー力の低下抑止に寄与しているといえる。

(2) 地震時に定着部付近に生じる割れ目の影響

地震時には地震動による慣性力でアンカー定着部付近の岩盤に引張り応力が生じることがある¹⁾。前報³⁾と同様に、地震の揺れにより「割れ目0」の岩盤の状態が「割れ目1」や「割れ目2」と変化した（以下ではこれを割れ目の顕在化と記載する）と仮定する。この仮定の下、図-5 に示す極限アンカー力と残留アンカー力の関係から、割れ目の影響について考察する。

気泡の影響がないかわずかに混入した供試体（図中塗色あるいは上半分塗色のプロット）に対する試験結果に着目すると、拘束圧 0kPa の場合、割れ目2が分布する範囲（左下から右上）は、割れ目0の分布範囲と重なっている。これは、割れ目の顕在化によりアンカー力が低下することがあるが、割れ目の顕在化が生じたとしても割れ目がない場合と同等の場合があることを示し、割れ目のかみ合わせ状況を反映していると考えられる。拘束圧が作用した場合、極限アンカー力の分布範囲は変わらないが、残留アンカー力は一定程度（0.15kN）以上維持されている。残留状態では粘着成分はないことから、拘束圧の増加による摩擦力の増加と考えられ、かみ合わせの影響であると考えerことは妥当である。

気泡の含まれている供試体（図中白抜きのプロット）に着目すると、気泡が含まれると極限アンカー力は相対的に低くなる傾向にあるものの、残留アンカー力は拘束圧が作用していると大きくなる傾向にある。拘束圧の増加による摩擦力の増加が寄与していることを支持している。

4. まとめ

割れ目を有する円柱供試体に対し、拘束圧を加えたアンカー引抜き試験を実施した。拘束圧によりアンカー力の低下は抑止され、これは割れ目のかみ合わせによるものと考えられた。今後は、割れ目を有する供試体に対する振動試験を実施する予定である。

参考文献：1)森ほか，土木学会第 73 回年次学術講演会，CS15-015，pp.29-30，2018. 2)小早川ほか，土木学会第 73 回年次学術講演会，CS15-016，pp.31-32，2018. 3)小早川ほか，土木学会第 77 回年次学術講演会，CS10-72，2022.

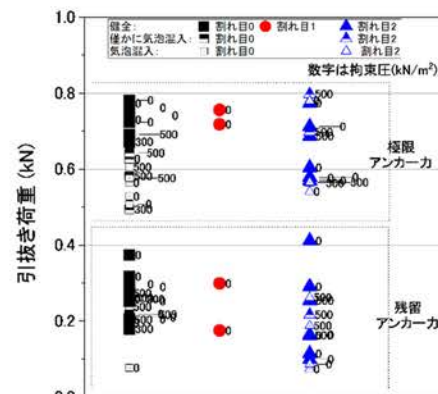
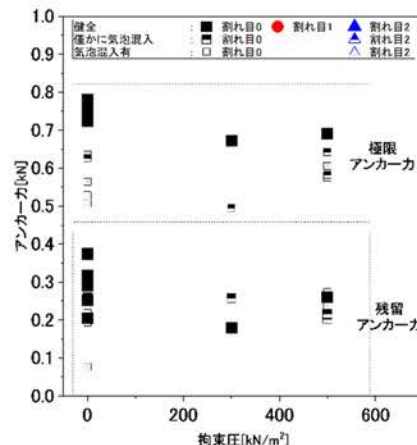
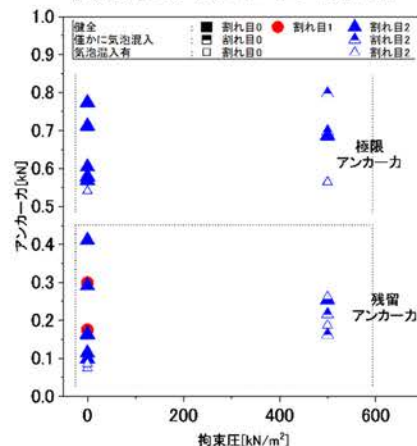


図-3 割れ目と引抜き荷重の関係



(1) 割れ目を含まない供試体



(2) 割れ目を含む供試体

図-4 拘束圧とアンカー力の関係

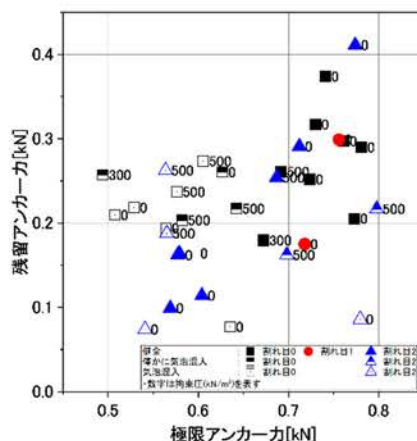


図-5 極限アンカー力と残留アンカー力