

割れ目を配した岩盤模型に対するアンカー引抜き試験

電力中央研究所
セレス

正会員

○小早川 博亮
中村 良太

正会員

石丸 真
平賀 健史

1. はじめに

岩盤斜面の抑止工として用いられているロックアンカーの地震時の挙動が検討されている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指摘されている。このため、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き抜き試験を実施したところ、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、また、残留アンカー力は割れ目の影響をほとんど受けないことを明らかにしてきた。しかし、前報²⁾で実施した模型試験は、アンカー定着部に対して水平に割れ目が入った状態のみの検討であり、複数の割れ目が存在する場合や、割れ目の角度が変化した場合は検討されていない。そこで、割れ目の形状と割れ目の系列数を変化させた模型試験を実施した。ここでは試験の概要と結果を報告する。

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作製した。割れ目を有する供試体の模型の形状を図-1 に、また、試験装置を図-2 に示す。模型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。

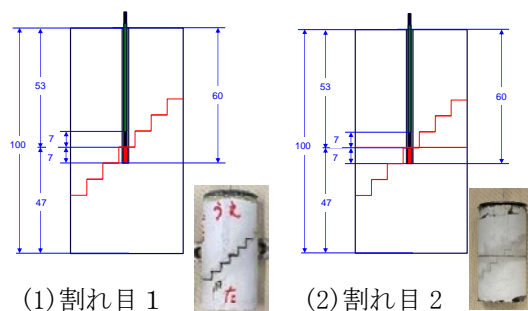


図-1 割れ目の入った供試体の模型形状

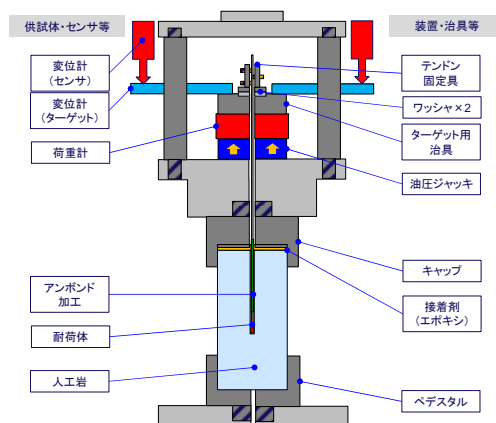


図-2 装置の概略

3. 試験結果

試験による引抜き変位と引抜き荷重との例として、「割れ目 1」の結果を図-3 に示す。引抜き変位の増加とともに荷重はほぼ直線的に増加し、極限荷重の記録した直後に脆性的に破壊し、残留状態に至る。残留状態でおおむね一定の荷重を示す。残留状態に至ってからアンカー耐荷体の長さの 7mm まで引抜きを実施しその範囲での最小値を残留アンカー力とした。各供試体における極限アンカー力と残留アンカー力の分布を図-4 に示す。極限アンカー力、残留アンカー力ともにばらつきがあるものの、割れ目の系列数が増加するに

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，極限アンカー力

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

したがって低下する傾向にある。供試体毎に極限アンカー力と残留アンカー力との関係でプロットしたものを図-5に示す。「割れ目 2」は極限アンカー力の分布が広くばらつきがあるものの、極限アンカー力が小さいものは残留アンカー力も小さい傾向にある。

4. 考察

(1) 引抜き試験における極限アンカー力に対する割れ目の影響

既報²⁾では、定着部付近に存在する水平割れ目が極限アンカー力に与える影響は小さかった。これに対し、今回の階段状の割れ目は、定着部付近においてアンカー軸方向に平行する割れ目として分布し、この割れ目が極限アンカー力に影響を及ぼしていると考えられる。すなわち、平行する割れ目と定着部との距離が近ければ、引抜きに伴って耐荷体の上端部から放射状に進展する破壊面がこの平行する割れ目に連結することにより、極限状態に達して極限アンカー力を発揮すると考えられる。さらに、「割れ目 2」ではブロック状の岩片が存在するような模型であり、この岩片に向かって破壊が進展する破壊形態の場合には、岩片が拘束されていないことが引抜き荷重に影響する。以上のように、今回の試験では、拘束圧を加えていないため、周辺岩盤の拘束効果の低下が顕著に表れていると考えられる。そこで、「割れ目 2」における水平割れ目に対する耐荷体上端位置（以下、耐荷体位置と呼ぶ。下向き正）を整理し、引抜き荷重との関係を図-6 に示す。明瞭ではないものの、耐荷体位置の絶対値が大きくなると引抜き荷重が小さくなる傾向が認められる。水平割れ目と耐荷体位置のずれが大きくなることにより、割れ目に連結する破壊面が形成されやすい状況が生じていると考えられる。

(2) 地震時に定着部周辺に生じる引張割れ目

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応力が生じることがあり¹⁾、岩盤中の割れ目は拘束状態によっては開口する。この状況を入力地震動の履歴によって割れ目が顕在化したと考え、これらの割れ目を「割れ目 1,2」で模擬したと仮定する。すると、「割れ目 0」の岩盤の状態が、地震の揺れにより「割れ目 1」や「割れ目 2」と変化したと考えることができる。図-5 を見ると、「割れ目 2」の極限アンカー力の分布範囲は 0.55kN~0.78kN であり、「割れ目 0」の値を含んでいる。これは、引張応力で割れ目が顕在化したとしても、噛み合わせによっては、割れ目がない状態と同等の極限アンカー力を発揮することを示している。さらに、「割れ目 1,2」の場合で、もともと極限アンカー力が低い場合には、残留アンカー力も小さくなる傾向にあり、これは耐荷体の拘束状況が良くない場合にはアンカー力が低下することを示している。つまり、割れ目の存在よりもその噛み合わせや拘束の状況がアンカー力に影響を及ぼすと考えられる。

5. まとめ

割れ目を有する円柱供試体に対するアンカー引き抜き試験を実施し、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が示唆された。今後は拘束圧を加えた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。

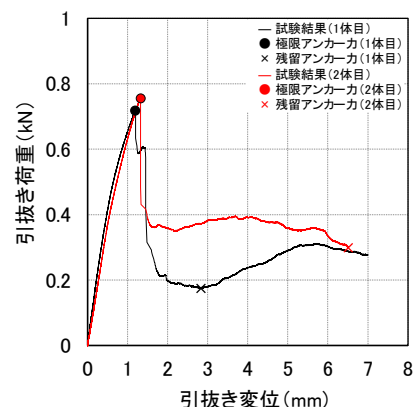


図-3 引抜き変位-引抜き荷重

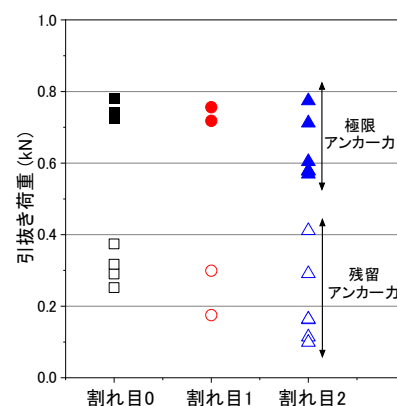


図-4 各供試体の引抜き荷重

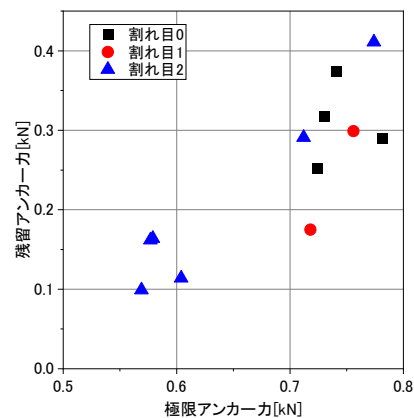


図-5 極限アンカー力と残留アンカー力

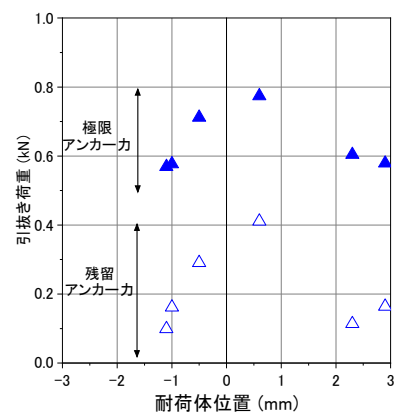


図-6 耐荷体の位置と引抜き荷重