

技術報告

三軸応力下における室内引抜き抵抗試験について

明治コンサルタント株仙台支店 山 本 義 男

1. はじめに

近年、地すべりや急傾斜の対策としてアンカー工が多く使用されるようになった。アンカーの構造が永久アンカー仕様になり、その信頼性が向上したことが、多用されている要因の一つになっていると考えられる。

しかしながら、アンカー自体が永久構造となつても、アンカーの定着部の地山条件は依然として不確定な部分が多い。アンカーを計画・設計する上で、アンカーの周面摩擦抵抗を決めかねた経験をお持ちの方も多いと察する次第である。特に、固結度の低い軟岩については、周面摩擦抵抗力をどの程度見込めるものか非常に大きな問題となっており、そのような地盤で施工されたアンカーの中には、設計荷重で緊張をかけた場合に引抜けてしまったという報告もある。

そこで解決策が見出せばとの趣旨から、昨年度の技術フォーラム '95 in 広島において、ボーリングコアを用いた室内引抜き抵抗試験結果を報告させていただいた。本報告は、同様の試験を三軸応力の下で実施した結果をまとめたものである。なお、比較のため従来の方法による引抜き試験も実施した。

2. 試験の概要

2-1. 試験装置について

試験装置の概要是、図-1に示すとおりである。

この図で分かるとおり、試験装置は基本的に三軸圧縮試験機を利用したものである。

2-2. 試験の手順について

試験は、以下の手順で行った。

- 1) 供試体の整形・加工
- 2) 鉄筋棒の固定、モルタルの養生
- 3) 供試体を試験装置へセット
- 4) 試験条件設定の後、鉄筋棒に載荷（試験開始）
- 5) 試験中は、載荷重と歪に注視し、ピーク強度及び残留強度を確認できた段階で試験を中止する。

2-3. 試験結果の整理について

試験の結果は、各物性値を整理し、次式により最大引抜き抵抗力を算出した。そして、求められた引抜き抵抗力について、他の試験結果と比較することにより、結果の妥当性を吟味した。

$$\text{最大引抜き抵抗力 } (\tau_{\max}) = P / (\pi \times D \times L_a)$$

ここで、P : 最大載荷重 (kgf)

D : 削孔径 (cm)

L_a : 削孔長 (cm)

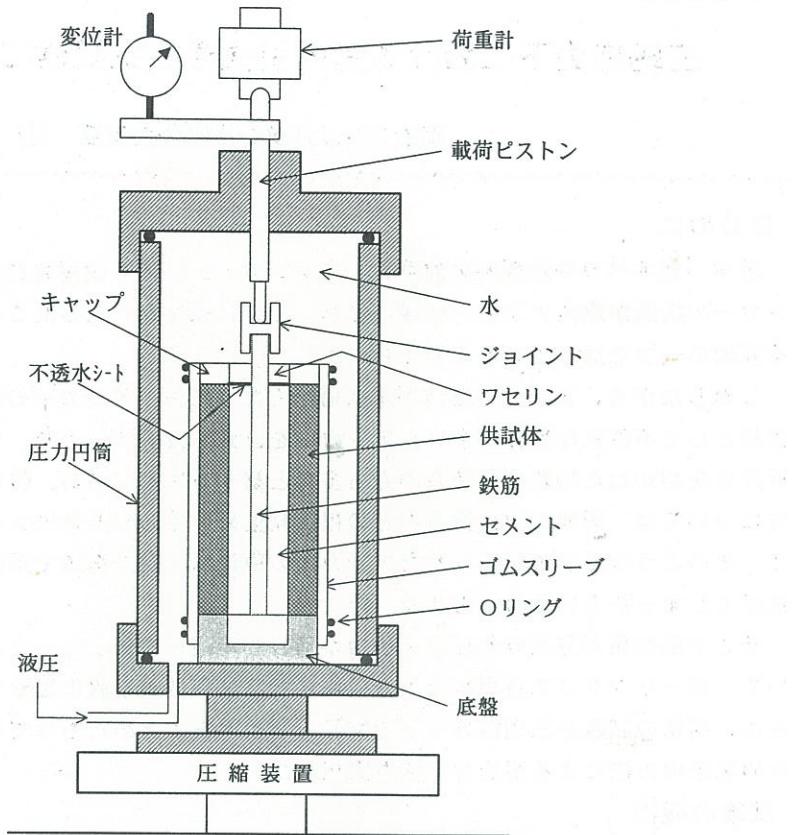


図-1. 試験装置の概要

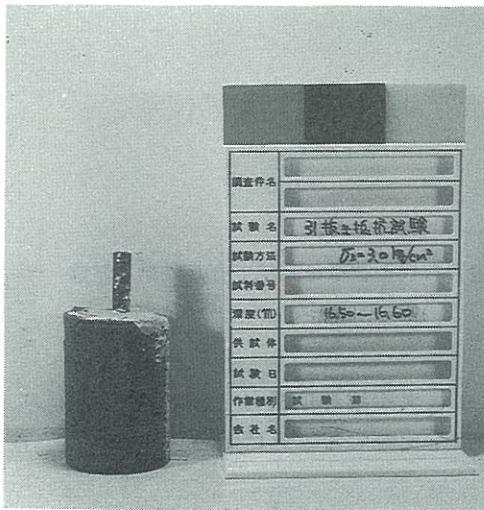


写真-1. 試験前の供試体



写真-2. 試験後の供試体

3. 試験結果

引抜き抵抗試験の結果は表-1に示すとおりである。また、N値及び一軸圧縮強さと引抜き抵抗力との関係を図-2、図-3に示した。

- ①今回の試験では、アンカーの引抜き抵抗力とN値との間には、一般に言われているような相関が認められなかった。
- ②三軸応力下の引抜き抵抗力は、拘束無し（従来）の試験値に比べ、約4倍の値となっている。
- ③三軸応力下の引抜き抵抗力は、せん断強さの約1.2倍である。

表-1. 試験結果

採取深度 (GL-m)	N値 (回)	引抜き抵抗力 (kgf/cm ²)	引抜き抵抗力 (三軸拘束下) (kgf/cm ²)	一軸圧縮強さ (kgf/cm ²)	引張強さ (kgf/cm ²)	剪断強さ (kg/cm ²)
15.30~15.85	118~136	1.485	6.405	36.70	0.680	2.60
16.20~16.60	136~151		5.660	32.20	2.870	5.70
17.30~17.85	166~187	0.935	1.615	21.95	1.040	2.80
18.35~18.85	150~169	0.215	5.675	22.50	1.680	3.60
19.10~19.55	150~200	0.645	3.640	19.00	2.590	4.60
19.85~19.90	250	2.635				
平均	164	1.183	4.599	26.47	1.772	3.86

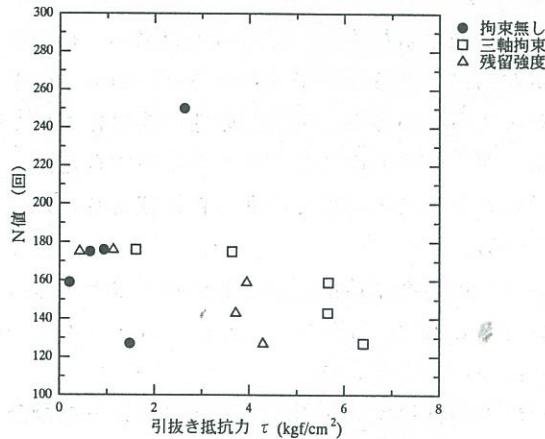


図-2. 引抜き抵抗力～N値 関係図

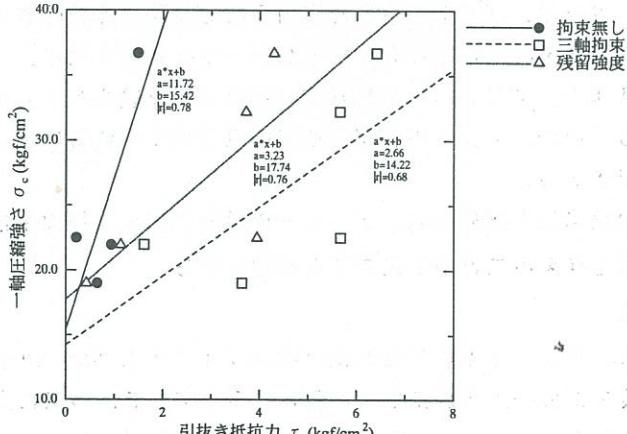


図-3. 引抜き抵抗力～一軸圧縮強さ 関係図

4. 結果の考察

今回の試験に用いた試料は、新第三紀中新統の泥岩であり、秋田県男鹿半島の地質層序では船川階に相当する。層理面に沿った割れ目が発達した岩盤であり、ボーリングコアでも割れ目の多い状態が観察できる。

今回の試験で得られた値は、試験条件が三軸拘束状態の場合でも拘束圧がない場合でもかなりのばらつきが見られた。一軸圧縮試験や引張試験結果でも同様の傾向が認められることから、これらの試験結果は「岩盤の不均質さ」を反映した結果であると評価できよう。

従来の手法（拘束無し）で求めた周面摩擦抵抗は著しく小さな値となった。固結度の低い軟岩では、拘束圧が力学特性を大きく左右するためと考えられる。

本調査地盤は、地盤の種類を風化岩と判定すると 6.0 kgf/cm^2 の周面摩擦抵抗を見込むことができる。しかしながら、三軸応力下での引抜き抵抗力は 4.6 kgf/cm^2 、一軸圧縮強さと引張強さから求められるせん断抵抗力は 3.9 kgf/cm^2 である。岩盤の不均質さ等を考慮して、アンカーの周面摩擦抵抗は 4.6 kgf/cm^2 として設計すべきであると結論する。

5. まとめと今後の課題

三軸拘束状態での引抜き抵抗力は、従来（拘束無し）の引抜き抵抗力に比べ約4倍の値が得られた。試験結果にばらつきが見られるとはいえ、両者の間には有意な差があることは検定をするまでもなかろう。固結度の低い軟岩については、応力の解放に伴なう周面摩擦抵抗の低下が著しいものであることが検証できた。

一方、引抜き抵抗力とN値との間に相関関係は認められなかった。岩盤の不均質さが原因としてあげられる。

本試験は、アンカーの周面摩擦抵抗を一般値から求めて設計に用いた場合、固結度の低い軟岩では地盤定数を過大評価しているために、アンカーの信頼性が損なわれる危険性があることを指摘したものである。

したがって、固結度の低い軟岩を対象としたアンカーの設計を行う際には、事前に室内での引抜き試験を実施して引抜き抵抗力（周面摩擦抵抗）を確認することが望ましいと考える。ボーリングコアを用いた室内引抜き試験は比較的容易に実施できるため、アンカーの信頼性を向上させる有効な方法の一つと考えられる。

今後の課題としては、種々の地質試料を用いて試験を行い妥当性を吟味することが必要と考える。特に、スレーキングや膨潤の生じやすい軟岩について、本試験の適用性を確かめて行きたい。

本試験の妥当性が評価され、アンカーの設計に用いる周面摩擦抵抗の決定に際して、有用な情報を与えることが出来ることを期待する。

6. おわりに

本報告は、平成8年度に行われた「技術フォーラム'96 in 仙台」で発表したものである。その後アンカーワークが施工され、現在に至っている。施工に際してアンカーの基本試験を実施したが、結果は 10 kgf/cm^2 以上の値が得られている。この値は、本試験結果と

比較した場合の2倍以上である。供試体の採取に伴う応力の解放が、いかに大きなものであるかをあらためて実感した次第である。

本試験で得られる値は、一般に過小評価された引抜き抵抗力となるため、設計の安全度としては過大となる。特に今回用いた泥岩試料のような、応力解放の大きい軟岩ではその傾向が顕著になると言えよう。したがって、本試験により引抜き抵抗力を求め、アンカーの設計に用いる場合には十分な配慮が必要である。例えば、原位置からの状態変化を何らかの因子により定量化し、引き抜き試験の結果に反映させることも一つの方法であると考えられる。

今後、原位置試験と室内試験の関連性についての基礎的研究が進み、相互の試験結果を定量的に評価することができれば、本試験の実用性も現実的なものとなろう。

最後に本試験を実施するにあたり、建設技術センターの照屋氏、瀬川氏には多大なるご協力を戴いた。心より御礼申し上げます。

