

群アンカーの引抜き抵抗に関する模型実験

金岡 正信, 玉野 富雄

Model Tests on Pressurized Friction-Type Anchors

KANAOKA Masanobu, TAMANO Tomio

Abstract

This paper presents the generation mechanisms of pull-out resistance of pressurized friction-type anchor at the cases of single anchor and group anchors.

At the case of single anchor, it is shown that the ultimate pull-out resistance of pressurized friction-type anchor increases to 1.3~1.6 times compared with the resistance of non-pressurized friction-type anchor and the effect of mechanics of pressurizing is remarkable. At the case of group anchors, it is clarified that the slipping masses from both sides between anchors intersects and combines when anchor installation depth (D) and ratio (D/B) at anchor intervals (B) grows more than 1.43 by the strain analysis using PIV and it leads to the large decrease in the ultimate pull-out resistance.

Key words: Anchor, Pull-out resistance, Model test, PIV, Strain

1 はじめに

摩擦形式アンカーではセメントスラリーを削孔した地盤中に注入し、円筒状の細長いアンカー体を作製する。本論文では、摩擦形式アンカーで加圧しない場合を無加圧・摩擦形式アンカー（以下、単に無加圧アンカーと略す）と呼ぶ、加圧する場合を加圧・摩擦形式アンカー（以下、単に加圧アンカーと略す）と呼ぶ。

近年、加圧アンカーがその有用性から多用されている。しかしながら、加圧の引抜き抵抗に及ぼす力学効果については、現場施工事例から極めて大きいものであることがわかっている

が、力学挙動には不明な点が残されている。

また、加圧アンカーに関する模型実験による研究は、加圧状態の設定に難しさがあり、無加圧アンカーの場合に比べて少ないのが現状である。

こうした観点から、本研究では、2次元平面ひずみ状態のアルミ棒積層体地盤モデルを用い、アンカー設置間隔を種々変化させた2本のアンカーの同時引抜き実験（以下、群アンカー引抜き実験と呼ぶ）を行い、加圧アンカーの引抜き抵抗力発生時の力学挙動を調べる。あわせて、地盤変位ベクトルの可視化とそれを用いたPIV（Particle Image Velocimetry）によるひずみ解析を行い考察する（Tamano et al, 2007, 2009）。

2 実験方法と地盤

図-1に、単独の加圧・摩擦形式アンカー引抜き実験（以下、単アンカー引抜き実験と呼ぶ）装置、図-2に群アンカーの引抜き実験装置、図-3にアンカー体への加圧方法を示す。アルミ棒積層体地盤は、長さ5cmで径が1.6mmと3mmのアルミ棒を重量比3：2で混合したものを積み上げて作製する（Murayama et al, 1964）。

アンカー体は、奥行き5cmのアルミ板（以下、単に摩擦板と呼ぶ）の下部15cm部分に5：1の本数割合で1.6mmと3mmのアルミ棒を接着させた場合を摩擦大、アルミ板のままの状態を摩擦小とした。5：1の本数割合は、重量比3：2のアルミ棒材料の直径1.6mmと3mmのアルミ棒の本数比より求めたものである。

縦50cm・横60cm・奥行き5cmのフレーム内に深さ5cmを1層として移動用金具でアルミ棒材料を積み上げる。密地盤では1層積み上げる毎に、厚さ0.5mmの突き固め用銅板を使用して鉛直に5cmの深さで3回突き刺す。この作業を1cm間隔で横幅60cm間を往復2回行う。

アルミ棒積層体地盤の単位体積重量は21.97kN/m³である。大型一面せん断試験により求めた内部摩擦角は33°である。また、アルミ棒積層体地盤と摩擦板との間の摩擦角は、摩擦大の場合が32.5°、摩擦小の場合は11°である。

実験上で特に重要な要因となるアンカー体への加圧作業は、各種の現場調査から加圧注入時にセメントスラリーの地盤内への浸透現象は生じないと判断でき、加圧アンカーの引抜き抵抗力の発生挙動を研究するに際し、加圧の効果は摩擦板を拡幅し地盤を水平方向に圧縮することで同じ力学挙動を再現出来ると考えた。

加圧条件（拡幅量）を決定するために行った水平載荷実験装置を図-4に、実験結果を図-5に示す。この実験結果より、本実験では、図-3の説明図に示すように長さ15cmの摩擦板を両面あるいは片面を水平方向に5mm押し広げ拡幅することで行った。また、実験では、この加圧状態に対して摩擦形式とアンカー間隔を変化させた。

引抜き実験には、変位制御方式を採用した。引抜き速度は1.2mm/秒とし、引抜き変位15mmま

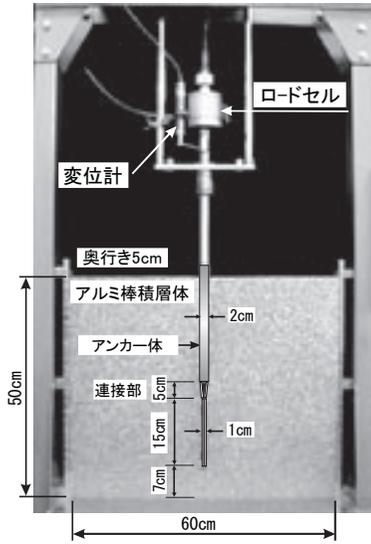


図-1 単アンカー引抜き実験装置

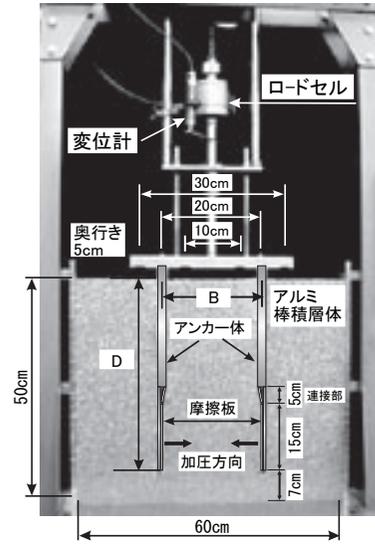
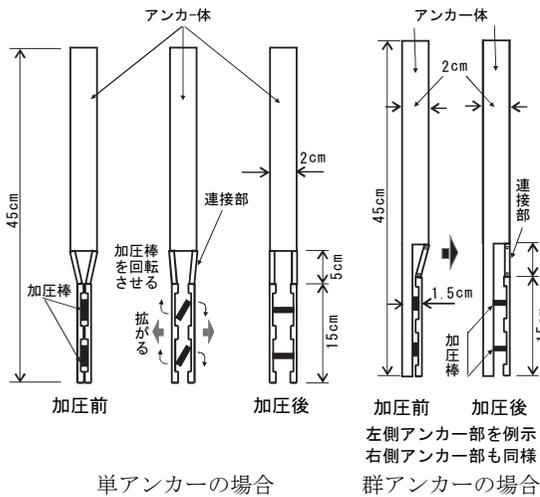


図-2 群アンカー引抜き実験装置



単アンカーの場合

群アンカーの場合

図-3 アンカー体への加圧方法

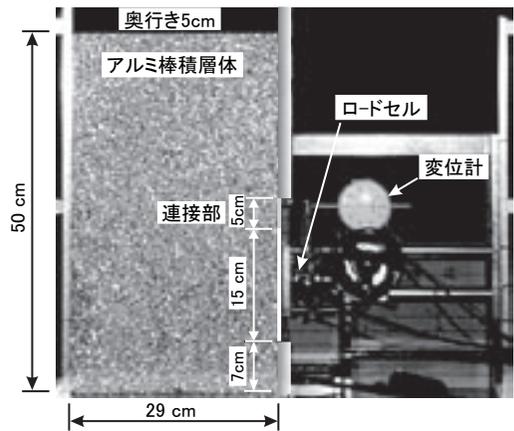


図-4 拡幅量決定のための水平載荷実験装置

でを実験範囲とした。

3 実験結果と考察

単アンカーにおける摩擦大と摩擦小および無加圧と加圧条件を組み合わせる実験を行った。図-6に実験結果を示す。加圧アンカーでは無加圧アンカーより極限引抜き抵抗力は1.3~1.6倍に増大している。また、すべての実験で2~5mmの小さい引抜き変位で極限引抜き抵抗力が生じている。

図-7にアンカー間隔10cm・20cm・30cm・60cmの群アンカー引抜き実験結果を示す。図中に

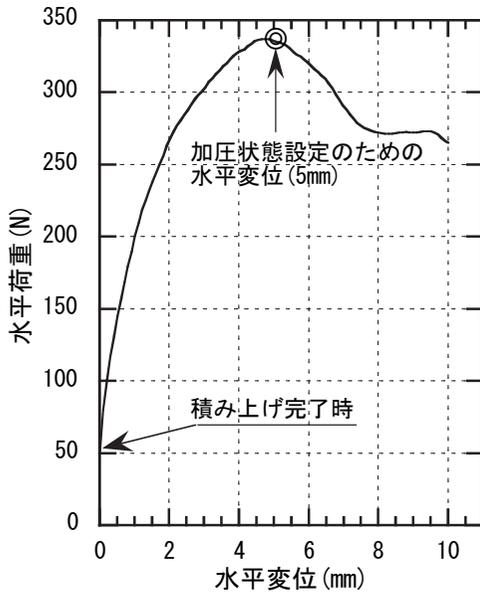


図-5 水平載荷実験結果

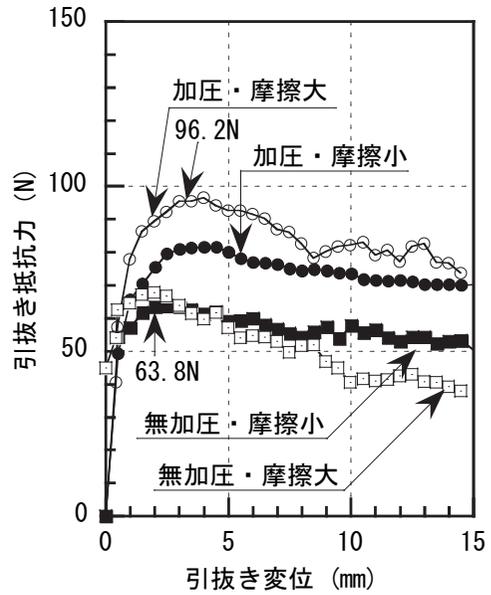


図-6 単アンカー引抜き実験結果

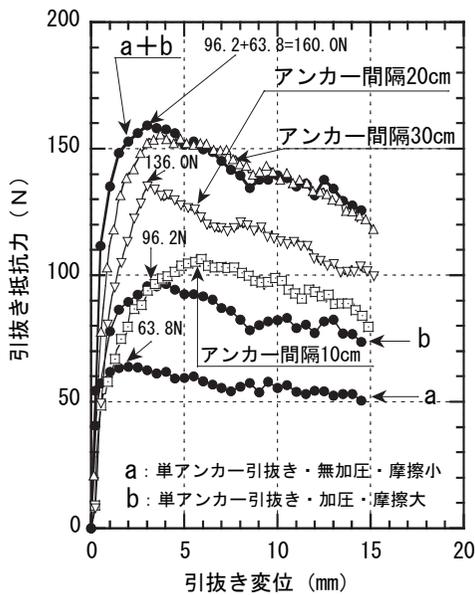


図-7 群アンカー引抜き実験結果 (摩擦大の場合)

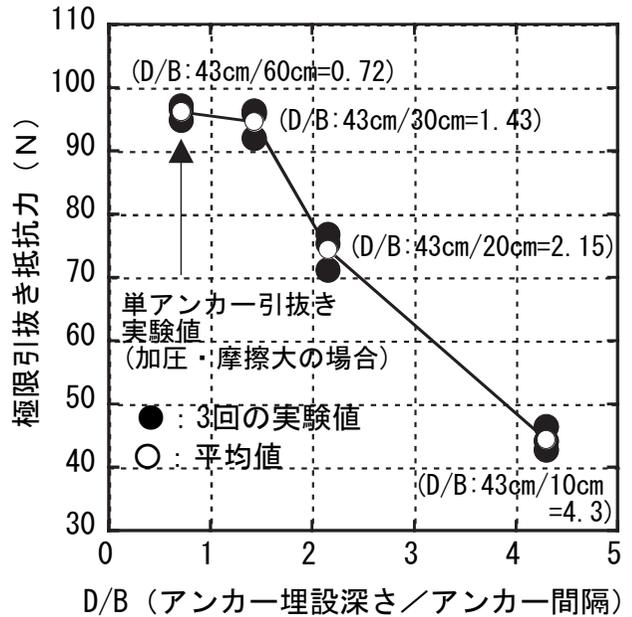


図-8 アンカー埋設深さ (D) とアンカー間
隔 (B) の関係比 (D/B) と極限引抜き
抵抗力の関係

は単アンカー引抜き実験における無加圧・摩擦小（群アンカーの外面に相当：a），加圧・摩擦大（群アンカーの内面に相当：b），およびそれらの合算引抜き抵抗力（a + b）の関係を示す。この合算の引抜き抵抗力とアンカー間隔10cm・20cm・30cmの引抜き抵抗力の差が，群アンカーの内側で生じた引抜き抵抗力の減少分である。なお，単アンカー引抜き実験はアンカー間隔60cmの群アンカー引抜き実験に相当する。

アンカー間隔20cmの場合を例に群アンカー引抜き実験時の極限引抜き抵抗力を説明する。図-7に示す極限引抜き抵抗力136.0Nに対し，図-6に示す群アンカー外側に相当する単アンカーでの無加圧・摩擦小の極限引抜き抵抗力63.8Nとの差分72.2Nが群アンカー内側で発生した極限引抜き抵抗力となる。すなわち，図-7に示すアンカー間隔60cmに相当する単アンカー引抜き時の無加圧・摩擦小（a）と加圧・摩擦大（b）の合算値である極限引抜き抵抗力が160.0Nであるから，136.0Nとの差の24.0Nが，アンカー間隔が60cmから20cmになったことによる減少分となる。

アンカー埋設深さ（D）とアンカー間隔（B）の比（D/B）と極限引抜き抵抗力の関係を図-8に示す。アンカー間隔60cm（単アンカー引抜き実験：D/B=0.72）とアンカー間隔30cm（D/B=1.43）で，同じ程度の極限引抜き抵抗力が生じている。それに対し，アンカー間隔20cm（D/B=2.15），アンカー間隔10cm（D/B=4.3）とアンカー間隔が狭まるほど，極限引抜き抵抗力が小さくなり，D/Bが1.43より大きくなるにつれて極限引抜き抵抗力が大きく減少している。

4 PIVによるひずみ解析

地盤変形を可視化する技術として，アルミ棒積層体地盤の動きを濃淡パターンとして相関法で追跡し，地盤変位ベクトルとして可視化する。本実験の画像計測仕様は，画素数：640×240ドット，濃淡表現：8ビット，撮数：120pps（Picture per second），記録時間：7秒である。実験に先立ち，地盤変位の計測精度を検定し，0.01mm程度の精度を有すると判断できた。得られたアルミ棒積層体地盤変位ベクトルよりPIVによるひずみ解析を行った。

群アンカー引抜き実験における加圧・摩擦大の条件でアンカー間隔20cmおよび30cmの場合で極限引抜き抵抗力発生時の地盤変位ベクトル分布，最大および最小主ひずみ分布，および最大せん断ひずみ分布を図-9に例示する。

ひずみ発生状態は，最大せん断ひずみ12～14%（最大主ひずみは圧縮で4～6%，最小主ひずみは引張で-6～-8%）で一面せん断試験でのひずみ発生状況と同様の力学的傾向を示している（Shibuya et al, 1997）。

アンカー間隔20cmではすべり塊は上部で交差している。それに対し，アンカー間隔30cmでは，両側のアンカーはそれぞれ独立して機能し，すべり塊は上部で交差していない。アンカー間隔10cmでは，アンカー間隔20cmの場合とほぼ同様の挙動を示した。

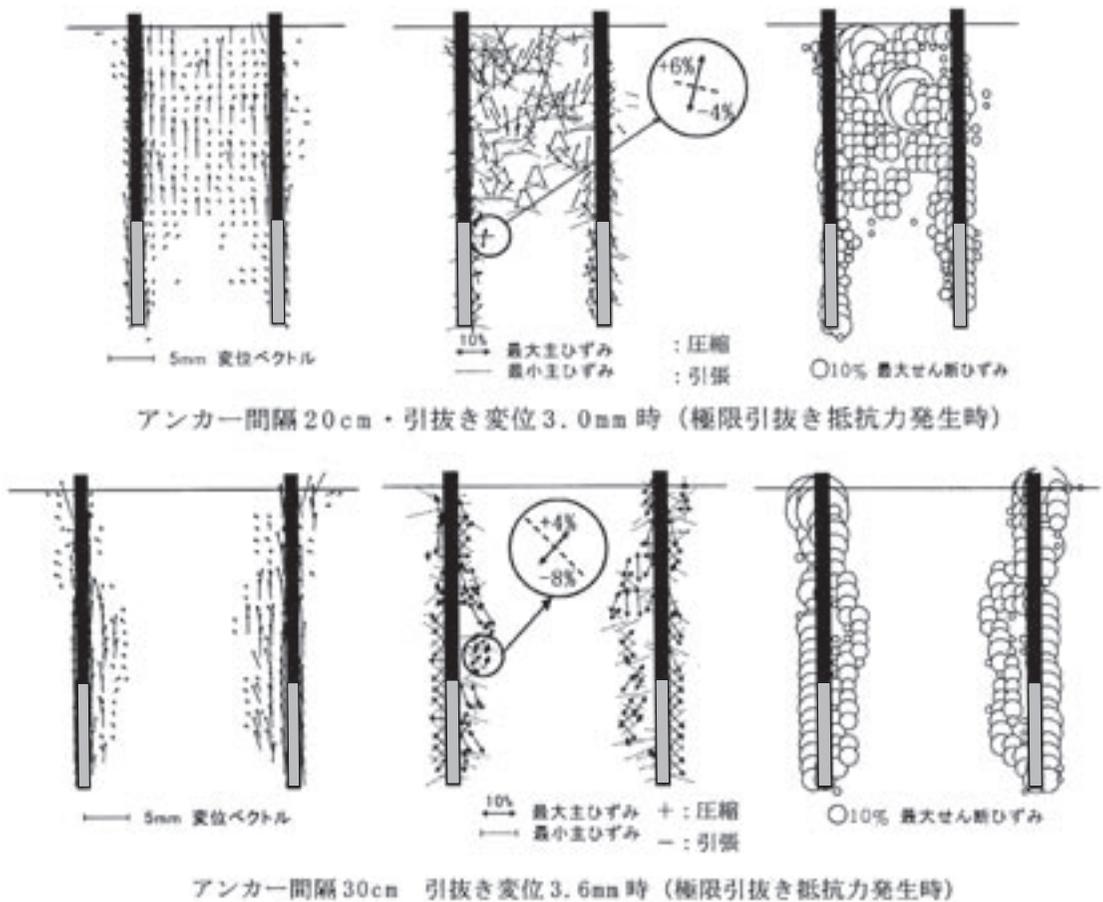


図-9 群アンカー引抜き時の地盤変状とひずみ解析 (加圧・摩擦大の場合)

これらの考察から、群アンカー引抜き実験ではアンカー間隔が30cmより狭まると両側からのすべり塊が交差し一体となることで、極限引抜き抵抗力は、アンカー間隔が60cmの場合より減少するという図-8に示したアンカー埋設深さ (D) とアンカー間隔 (B) の比 (D/B) と極限引抜き抵抗力の発生力学挙動の関係がよく理解できる。

5 結 語

本論文を要約すると次のようである。

- ① 加圧・摩擦形式の単アンカー引抜き実験では、加圧を行うことにより、無加圧・摩擦形式アンカーの場合に比べ最大引抜き抵抗力は1.3~1.6倍に増大し、加圧の力学効果は顕著である。
- ② 加圧・摩擦形式の群アンカー引抜き実験をアンカー設置深さ (D) とアンカー間隔 (B) の比 (D/B) を変化させて行い、得られた極限引抜き抵抗力とその時の地盤変状のPIVによ

るひずみ解析により、 D/B が1.43より大きくなるほど、アンカー間の両側からのすべり塊が交差し一体となることが原因して極限引抜き抵抗力の大きな減少が生じる。

[参考文献]

- Tamano, T. et al (2007)- Failure mechanisms of footing on layered and sloped granular grounds, Proceedings of the 13th Asian Regional Conference on SMGE, ISSMGE, pp.223-226.
- Tamano, T. et al (2009)- Crack propagation velocity of granite by impact splitting tests, Proceedings of the 17th International Conference on SMGE, ISSMGE, Vol1, pp.356-359.
- Murayama, S. et al (1969)- On the settlement of granular media caused by the local yielding in the media, Journal of JSCE, 172, pp.31-41.
- Shibuya, S. et al (1997)- Interpretation of direct shear box test of sand as quasi-simple shear, Geotechnique, 47(4), pp.769-790.

