

## 先端拡大型補強材の土中引抜き強度

岡三リビック 正会員 小浪 岳治 川原 秀樹  
大日本土木 正会員 伊藤 秀行

## 1. まえがき

既設擁壁や切土斜面を鉄筋などにより補強する工法（地山補強土工法）は広く普及しつつある。このような地山補強土工法では、補強材の周面摩擦により引張り力に抵抗するのが一般的である。一方で、より大きな補強効果を得るために、地山挿入後に引張補強材の先端を拡大できる拡大型補強材が開発されている<sup>1),2)</sup>。ここでは、適用できる対象土質を広げることと、コスト縮減を目的として改良された拡大型補強材について、引抜き実験により確認した支圧力とともに土中での先端拡大状況を確認した結果について報告する。

## 2. 実験方法

図1は先端拡大型補強材の概要を示しており、拡大部は10本の棒鋼で構成されている。拡大部の棒鋼は、拡大用ロッドを引張ることにより圧縮されて、外周直径Dが約220mmの放射状に拡大される。実験では試作的に3種類の補強材を用いた。それぞれの仕様を表1に示す。また、グラウトは各

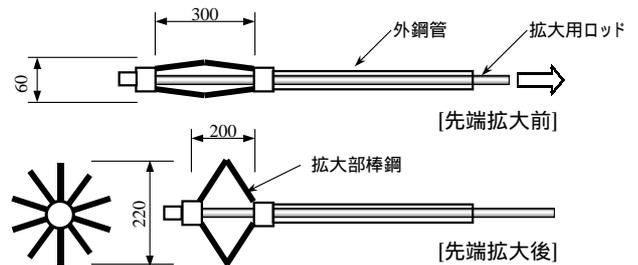


図1 先端拡大型補強材概要図

表1 先端拡大型補強材形状寸法

タイプとも中空ロッドを利用し、A、Bタイプでは拡大部の中央から、Cタイプは補強材先端から注入できる構造となっている。

補強材は削孔径約70mm、削孔長900mmとした孔に鉛直に挿入後、拡大用ジャッキを用いて先端を拡大させた。セメントミルク(W/C=50%)は無加圧で拡大部

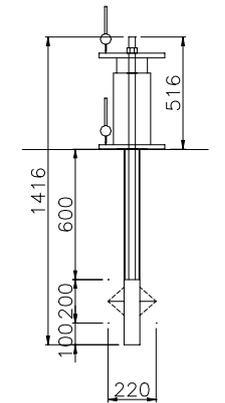


図2 実験概要図

Case	実験用途	形状寸法	拡大棒鋼
A-1	引抜き抵抗力 拡径状態確認	拡大前アンカー部最大径：72mm 外鋼管外径：30mm 外鋼管内径：22mm	8, 12 SS400
A-2	予備試験 拡径状態確認	アンカー長：L=1416mm	
B-1	引抜き抵抗力 拡径状態確認	拡大前アンカー部最大径：60mm 外鋼管外径：27.2mm 外鋼管内径：18.2mm	8, 12 SS400
B-2	拡径状態確認	アンカー長：L=1416mm	
C-1	引抜き抵抗力 拡径状態確認	拡大前アンカー部最大径：60mm 外鋼管：34mm,t3.0mm アンカー芯外径：20mm(M22) アンカー芯内径：11mm アンカー長：L=1516mm	10 S45C

にのみ充填して、外鋼管に摩擦が作用しないようにし、7日間養生した後、3本を対象に引抜き実験を実施した。実験中は、補強材頭部で引抜き荷重Pと引抜き変位 $\delta$ 、および地表面反力板の変位を計測した。図2は引抜き実験の概要である。補強材を埋設した地盤は礫5.3%、砂27.6%、シルト・粘土67.1%のロームを生石灰処理してしたものであり、一軸圧縮試験の結果によると $q_u=50\sim 100\text{kN/m}^2$ 、 $E_{50}=4500\sim 17000\text{kN/m}^2$ であった。

## 3. 実験結果

引抜き荷重と引抜き変位の関係は図3のとおりであった。拡大部のタイプによらず、ほぼ同様な関係であり終局的な最大引抜き荷重は全て30kN以上であった。ここでの引抜き荷重は先端拡大部の支圧力により発揮されているものと考えられ、支圧力による極限引抜き抵抗力 $P_{ult}$ は次式で算出できる<sup>3)</sup>。

$$P_{ult} = (c N_c + N_q \cdot q_p) A_p \quad \dots(1)$$

ここで、 $c$ は土の粘着力、 $q_p$ は拡大部の拘束圧、 $N_c$  および  $N_q$ は支持力係数、 $A_p$ は拡大部投影面積( $\text{m}^2$ )である。一軸圧縮試験結果に基づいて $c = q_u/2 = 50\text{kN/m}^2$ 、 $\phi = 0$ とした場合、支持力係数は $N_c = 6.5$ 、 $N_q = 0$ となり、式(1)による極限引抜き抵抗力は $P_{ult} = 12.4\text{kN}$ となる。実験で得られた最大引抜き荷重は、この値より十分に大きい。

キーワード 補強土、斜面、アンカー、引抜き

連絡先 〒108-0023 東京都港区芝浦4丁目16-23 岡三リビック(株) TEL 03-5442-1580

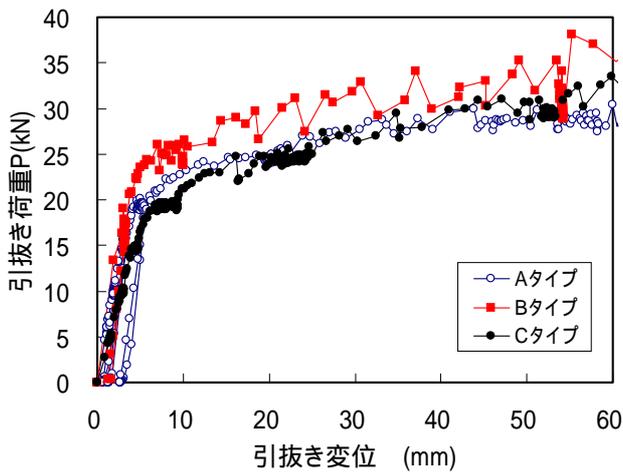


図3 引抜き荷重と引抜き変位

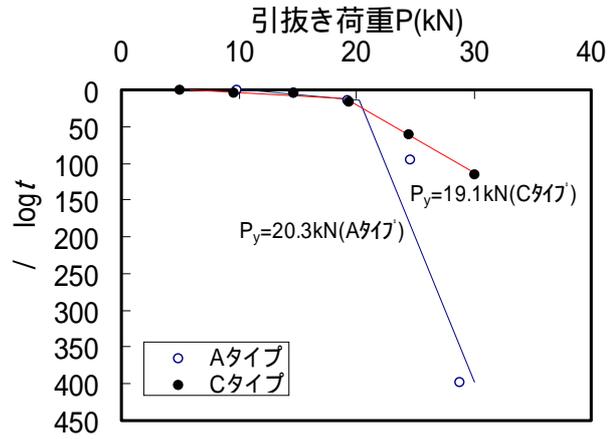


図4  $\log t \sim P$ 法による降伏荷重

図4はAタイプとCタイプの実験において、各荷重段階における  $t$  時間内での引抜き変位増分を  $\Delta t$  とし、 $t$  間の対数値の差を  $\log t$  とし、引抜き荷重  $P$  との関係を示したものである。この関係は杭の圧縮試験における降伏荷重の判定<sup>4)</sup>に用いられるものであり、拡大部の引抜き降伏荷重はほぼ 20kN といえる。このことから引抜き実験により得られた降伏荷重は最大引抜き荷重の 2/3 程度であることが確認できた。これは杭の降伏荷重が極限荷重に対して 0.63 とされる<sup>4)</sup>ことにも合致する。また、Aタイプ、Cタイプ降伏荷重時の引抜き変位は図3の関係からそれぞれ 3.72mm, 6.8mm であることがわかり、拡大部の外周直径  $D$  に対してそれぞれ  $\Delta t/D = 0.017, 0.031$  である。

図4は引抜き割線係数を  $K = (P/A_p) / (\Delta t/D)$  と定義して、 $\Delta t/D$  に対して示している。この割線係数は土の変形特性に依存すると考えられ、Aタイプ、Cタイプの降伏荷重時の割線係数はそれぞれ 26,000kN/m<sup>2</sup>, 16,000kN/m<sup>2</sup> 程度である。また、 $\Delta t/D = 0.10$  に相当する変位における割線係数は、3つの実験結果において  $K = 6000 \sim 8000$  kN/m<sup>2</sup> となっていることがわかる。

土中に埋設した 5 本の補強材は引抜き実験終了後に土中から取出して、拡大部の状態を確認した。いずれの補強材も拡大部棒鋼は所定の外周直径が 220mm となる放射状に拡大していた。また、セメントミルクは拡大棒鋼が通過した背後には充填されていたが、それ以外の領域への広がり確認されなかった。さらに、引抜き実験後の拡大部中の土は一体となっている様子が確認できた。

#### 4. あとがき

石灰処理した地盤における限られた条件下ではあるが、先端拡大型補強材は土中で拡大させることができ、引抜き実験による最大引抜き抵抗力は極限引抜き抵抗力の計算値より大きいことを確認した。また、降伏荷重は  $\Delta t/D = 5\%$  で生じ、最大引抜き抵抗力の 2/3 程度であることがわかった。今後、様々な条件下で引抜き特性や施工性を調べて先端拡大型補強材の適用範囲を明確にするとともに、補強土構造物としての安定性を評価する。

#### 参考文献

- 1) 大倉浩二・斉藤知哉・山田貴史・片岡昌裕：先端拡大部を有する補強材の補強効果，地山補強土工法に関するシンポジウム発表論文集，(社)地盤工学会，1996年3月 pp241-246
- 2) 大倉浩二・斉藤知哉・山田貴史・伊藤秀行：先端拡大部を有する補強材の現場適用，土と基礎，(社)地盤工学会，1996年10月 pp27-28
- 3) 多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル第3版，(財)土木研究センター，2002年10月 pp77-81
- 4) 杭基礎設計便覧，(社)日本道路協会，1992年10月 pp97-110

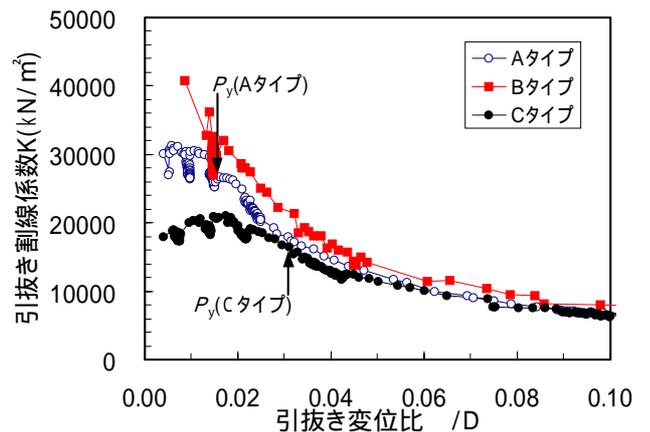


図5 引抜き割線係数と引抜き変位