

## 鉄筋補強材の引抜き試験

ライト工業株式会社 正会員 ○東 龍道 正会員 川添 英生 正会員 荒木 豪  
東海大学 正会員 杉山 太宏

## 1. はじめに

山地における斜面災害では、表層崩壊に伴う倒木や流木が発生し、被災者の捜索や復旧・復興に大きな影響を及ぼしており、このような事象を未然に防ぐ手法の開発が期待されている。著者らは山地の災害対策として、できる限り簡易な施工による対策手法の研究・開発を進めている。具体的には、地山の改変を行わない対策手法として、短尺の鉄筋補強材を用いた地盤補強について検討している<sup>1)</sup>。本稿では、鉄筋補強材において、グラウトの有無、打設方向や本数による引抜き耐力の違いについて実験を試みたので結果を報告する。

## 2. 実験概要

鋼製土槽内に、幅 4m、奥行き 4m、高さ 1.2m の模擬地盤を造成した。試料土には、含水比を調整した茨城県産の山砂(細粒分含有率 11.8%)を用い、締め固め度  $D_c=90\%$ 程度となるように高さ 150mm を 1 層としてランマーで締め固めた。土質試験結果は、湿潤密度 ( $\rho_f=1.76\text{g/cm}^3$ )、土粒子の密度 ( $\rho_s=2.71\text{g/cm}^3$ )、含水比 ( $w=11.8\%$ )であった。簡易動的貫入試験<sup>2)</sup>による深度 1m までの換算 N 値は、平均 1.4 であった。鉄筋補強材の引き抜きによる土圧の影響範囲を縦横 2m と想定し、土層内を 4 ブロックに区画した。鉄筋補強材を図-1 に、実験ケースを表-1 示す。鉄筋補強材は、直径 19mm、長さ 1m(SS400)を用いた。ケース 0 には突起の無い鉄筋を用い、グラウト有無それぞれで試験を実施した。ケース 1 には最大直径 40mm の円錐状の突起(写真-1)を設け、ノングラウトで試験した。

引抜き試験は地盤工学会基準<sup>3)</sup>を参照し、反力体は水平地盤に H 型鋼を井桁に組み、センターホールジャッキによって補強材を引抜く方式とした。荷重の計測には、センターホール型ロードセルを用いた。実験ケースは、補強材 1 本を水平地盤に鉛直に打設する方法(1 本ケース)と、補強材 3 本を水平地盤面から  $60^\circ$ 、打設中心から放射状  $120^\circ$  をなす 3 方向で打設(3 本ケース)した(図-2 参照)。1 本ケースは打設後、補強材上部にテンションバーを接続し、3 本ケースでは図-2 のように補強材を鋼製プレートにボルト接合して、それぞれ鉛直に引抜いた。補強材は、いずれのケースも打設時の直進性を確保するため、直径 19mm、長さ 500mm までポータブル充電式ハンドハンマーを使用して先行削孔を実施した。

ケース 0 のグラウトによる補強材は、 $w/c=50\%$ に調整した早強ポルトランドセメントペーストを使用した。直径 32mm、長さ 1,000mm で先行削孔後、孔口よりグラウトを注入し、その後に鉄筋を挿入した。引抜き試験は、1 週間の養生後に実施した。

## 3. 実験結果と考察

1 本ケースにおける最大荷重とその時の変位を表-2 に示す。なお、グラウトのケースを 1 として、最大荷重比率を算出した。また、1 本ケースにお

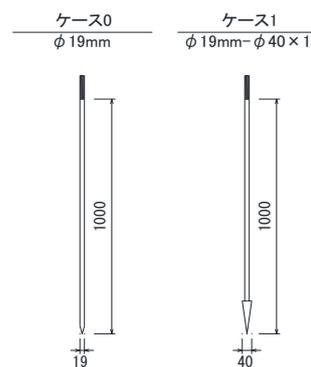


図-1 鉄筋補強材

表-1 実験ケース

ケース名	仕様
ケース0 (-1, -3)	$\phi 19\text{mm}$ 突起無
ケース1 (-1, -3)	突起 $\phi 40\text{mm}\times 1$
ケースNo.の後に "G"	グラウト有り
ケースNo.の後に "N"	ノングラウト



写真-1 先端突起

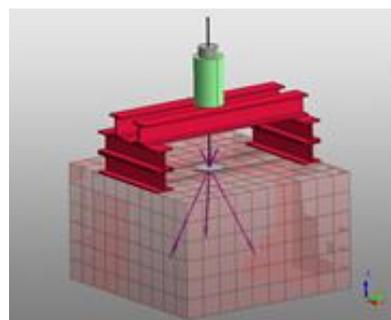


図-2 実験イメージ (3 本ケース)

キーワード 山地 表層崩壊 鉄筋補強材 ノングラウト

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 23 街区 3 画地 ライト工業(株)R&D センター TEL 029-846-6175

る荷重変位図を図-3 に示す。グラウトありのケース 0-1G は最大荷重 3.21kN であり、この時の変位は 3.84mm であった。最大荷重後は変位の増大とともに荷重は急激に低下した。試験後に掘り起こした補強材の観察より、グラウトと地盤の付着切れによって引抜けたものと考えられる。ノングラウトのケース 0-1N では、最大荷重がグラウトありの 2 割弱で、最大荷重時の変位は非常に少ない。鉄筋と地盤の間にほとんど摩擦がなかったものと考えられる。一方、ノングラウトかつ先端に突起をつけたケース 1-1N では、ケース 0-1G の 5 割強の引抜き抵抗力を発揮した。変位が 50mm 以降の領域では同時点の 0-1G よりも大きな荷重となり、変位が 200mm 近くのところで最大荷重に至った。これは、補強材の先端に設けた突起の引っ掛かりによって引抜きに抵抗したためと推測される。

3 本ケースにおける最大荷重とその時の変位を表-3 に示す。なお、グラウトのケースを 1 として、最大荷重比率を算出した。また、3 本ケースにおける荷重変位図を図-4 に示す。グラウトありのケース 0-3G は、最大荷重 5.96kN で変位 10.86mm であり、その後は荷重が低下した。試験後に補強体を掘り起こしたところ、グラウトが 2 割程度欠損していた(写真-2)。ケース 0-3N および 1-3N は変位の増大とともに緩やかに荷重も増大し続ける傾向を示した。最大荷重はケース 0-3N の方が大きく、3 本ケースでは、突起の引っ掛かりがあることよりも補強材が全長にわたり地盤と接していることが荷重の増加に寄与したと考えられる。

ケース 0-1G と 0-3G はともに変位 50mm 以内で最大荷重に至り、その後は荷重が低下した。一方、ケース 1-1N と 1-3N は変位 50mm 以降も荷重が増大し、この大変位領域においてはグラウトのケースよりも荷重が大きくなった。ケース 0-1N と 0-3N とでは荷重変化の傾向が異なっていた。ここでも 1 本ケースでは、突起の引っ掛かりが引き抜き抵抗増大に寄与し、3 本ケースでは突起の影響が小さいことが分かる。

#### 4. おわりに

短尺の鉄筋補強材を用いて引抜き試験を行ったところ、グラウトや突起の有無によって荷重変化の傾向が異なることが確認された。また、ノングラウトの場合でも、打設方向を変えたり、突起などの抵抗体を付与したりすることによって、グラウトの半分程度以上の引抜き抵抗が得られることが明らかとなった。今後は、引抜き抵抗のメカニズムの解明や再現性の確認等を進め、工法開発に繋げたい。

#### 参考文献

- 1) 川添, 東, 荒木, 杉山: グラウトを用いない鉄筋補強材の引抜き試験, 第 56 回地盤工学研究発表会 (投稿中)。
- 2) 地盤工学会基準: 「簡易動的コーン貫入試験方法」, (JGS 1433-1995)
- 3) 地盤工学会: 杭の鉛直載荷試験方法・同解説 -第一回改訂版-, pp.105~119, 2002.5

表-2 1 本ケース

ケース	最大荷重 (kN)	変位 (mm)	最大荷重比率
0-1G	3.21	3.84	1.00
0-1N	0.58	0.66	0.18
1-1N	1.75	195.22	0.54

表-3 3 本ケース

ケース	最大荷重 (kN)	変位 (mm)	最大荷重比率
0-3G	5.96	10.86	1.00
0-3N	6.75	166.18	1.13
1-3N	4.76	238.82	0.80

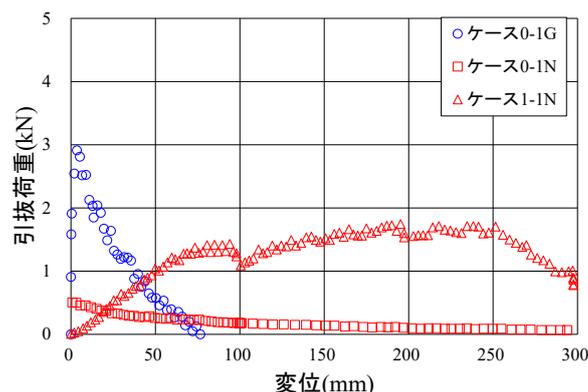


図-3 荷重-変位図 (1 本ケース)

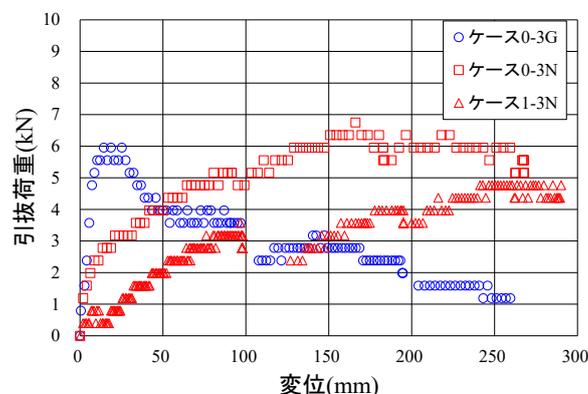


図-4 荷重-変位図 (3 本ケース)



写真-2 掘り起こした補強材 (ケース 0-3G)