

低強度地盤における地山補強土工の中空状異形鋼管の構造が引抜き抵抗力へ及ぼす効果

京都大学大学院 正会員 ○阪東 聖人 フェロー会員 杉山 友康
 日特建設株式会社 正会員 三上 登 正会員 窪塚 大輔
 正会員 石垣 幸整 正会員 横山 一輝

1. はじめに

近年、鉄道や道路盛土の安定性を向上させるため地山補強土工による対策を実施する事例が増えている。一方で、低強度の盛土に対して地山補強土工を適用する場合、その引抜き抵抗力はグラウト注入体の大きさや形状の影響を大きく受けると考えられる。筆者らは既往の実験結果から、中空状異形鋼管を用いることにより、グラウトを加圧注入できることを確認した。また、低強度地盤へ地山補強土工を施工する際、グラウトを加圧注入すると引抜き抵抗力が向上することを確認した¹⁾。

本稿では、中空状異形鋼管の構造に着目し、引き抜き抵抗力へ及ぼす効果確認のために実施した模型実験および実盛土での実験結果について報告する。

2. 中空状異形鋼管の注入孔形状の検討 (模型実験)

2.1 実験概要

既往の実験¹⁾より、中空状異形鋼管内部からグラウトを加圧注入できることを確認したが、加圧注入の効果を高めるためには注入孔の形状が影響すると考えられる。そこで、中空状異形鋼管に設ける注入孔形状が引き抜き抵抗力に及ぼす影響を確認した。



図1 鋼製土槽

図2 注入孔形状

実験は、縦横 1.5m、高さ 1.2m の鋼製土槽に、細粒分まじり砂を用いて N 値 1 程度の地盤を構築した (図 1)。構築した地盤を 90mm で削孔したのち、削孔箇所をグラウトを充填し、表 1 に示す実験ケースのうち Case1 は異形鉄筋 (D19)、Case2~4 は中空状異形鋼管を設置した。Case2~4 は、注入孔の形状をスリット、丸穴、先端開放とし、中空状異形鋼管内部より加圧注入を実施した (図 2)。

表 1 実験ケース 1

Case	注入孔形状	加圧	記事
1	-	なし	通常のロックボルト工 (D19)
2	スリット	あり 0.2MPa	幅3mm長さ30mm、2方向
3	丸穴		φ5mm、2方向
4	先端開放		先端を開放して加圧注入

2.2 実験結果

引抜き抵抗力比と注入量比の関係を図 3 に示す。ここで、引抜き抵抗力比および注入量比は、Case1 に対する引抜き抵抗力および注入量の比率を示している。図より、引き抜き抵抗力と注入量は比例関係にあることがわかる。今回の実験では注入孔の形状をスリット型にすることにより、地盤内への注入量が増加し、固化体直径および引抜き抵抗力が大きくなる結果となった。

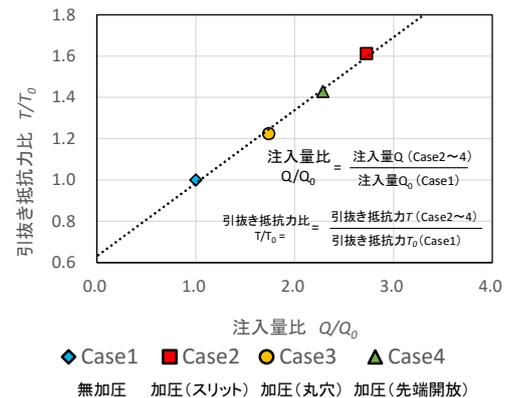


図 3 引抜き抵抗力比と注入量比の関係

3. 中空状異形鋼管の注入孔配置の検討 (実盛土実験)

3.1 実験概要

加圧注入の効果は地盤の密度や粒度分布などの影響を受けると考えられる。そこで、実盛土を対象に引抜き抵抗力が大きくなるスリット型の注入孔配置を検討した。

実験に使用した盛土は細粒分が少ない粒径幅の広い砂質礫で構築されており、N 値は 2~3 程度である。実験は、二重管削孔 (削孔径 90mm、削孔角度 40°、削孔長 4.0m) を行い、表 2 に示す条件で実験を実施した。

キーワード 地山補強土工, 加圧注入, 周面摩擦抵抗

連絡先 〒615-8530 京都市西京区京都大学桂 船井交流センター302号室 TEL 075-383-3114

Case1 は通常のロックボルト工 (D25) とし、削孔後にグラウトを充填し、異形鉄筋挿入後にケーシングを引き抜いた。Case2~4 は削孔後に中空状異形鋼管を注入管としてグラウトを充填し、ケーシングを引き抜いた後に鋼管内から 0.2~0.3MPa で加圧注入を実施した。注入孔配置のイメージを図 4 に示す。スリットは長さ 50mm 幅 5mm し、鋼管一断面につき 4 箇所にした。なお、グラウトの品質規格の流動性は、P 漏斗 10~13 秒、圧縮強度 24N/mm² 以上で行った。

表 2 実験ケース 2

Case	注入孔配置	加圧	記事
1	-	なし	通常のロックボルト工 (D25)
2	0.5mピッチ	あり 0.2~0.3MPa	スリット形状 5mm×50mm, 4方向
3	1mピッチ		
4	先端のみ		

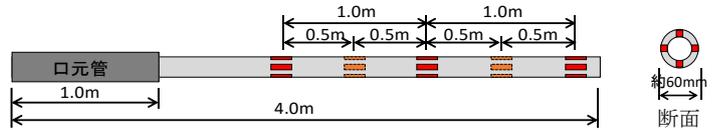


図 4 注入孔配置

3. 2 実験結果

引き抜き試験終了後、掘り起こした注入体と実験結果一覧を図 5 に示す。削孔径 90mm に対して、無加圧の Case1 でも平均直径が 133mm となったが、これは削孔水によって孔壁が乱されたことが原因のひとつと考えられる。Case2~4 の平均直径は 153~158mm と Case1 よりも大きくなったが、注入孔配置による差は認められず、目視でも注入体形状に大きな違いは確認できなかった。

	Case1 (通常)	Case2 (0.5mピッチ)	Case3 (1.0mピッチ)	Case4 (先端のみ)
平均直径 (mm)	133	153	158	158
最大直径 (最小直径)	165 (115)	175 (120)	245 (120)	200 (120)
固化体形状				
注入量比	1.00	1.49	1.49	0.73
直径比	1.00	1.15	1.19	1.19
引抜き抵抗比	1.00	1.65	1.58	1.06

図 5 注入体形状と実験結果一覧

ここで、図 5 における引抜き抵抗比とは、無加圧の Case1 に対する加圧注入時の引抜き抵抗力の比率を示したものである。引抜き抵抗比は、無加圧の Case1 に対して Case2~4 は全て大きい値を得ることができ、特に Case2, 3 では無加圧時の 1.5~1.6 倍の引抜き抵抗力が得られた。

3. 3 周面摩擦抵抗の比較

周面摩擦抵抗比と注入体直径比の関係を図 6 に示す。ここで、周面摩擦抵抗 τ は、実験で得られた引抜き抵抗力の値を公称径 (90mm) の周面積で除したもので、周面摩擦抵抗比は無加圧の Case1 に対する比率を示している。Case2, 3 の周面摩擦抵抗比は、Case1 に対して 1.5~1.6 倍となった。これは、注入体平均直径の増加分から想定される引抜き抵抗力の増加量 (1.3~1.4 倍) を上回っており、注入体拡張による引抜き抵抗力の増加に加え、加圧注入によるグラウト材と地盤との周面摩擦抵抗の増加が加わったものと推察される。

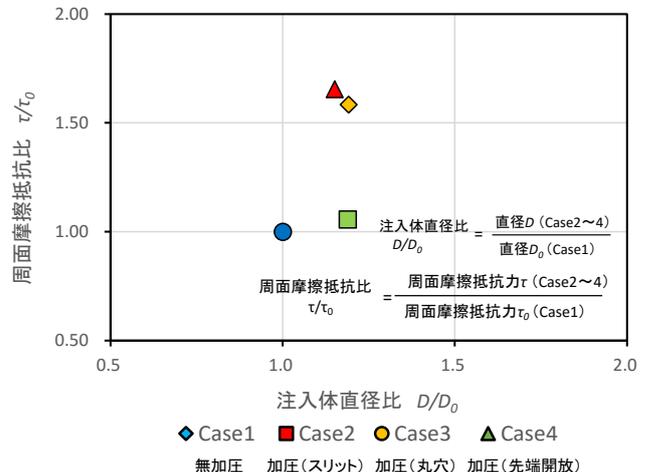


図 6 周面摩擦抵抗比と直径比の関係

4. まとめ

実験から得られた結果を以下に示す。①引き抜き抵抗力は注入量に比例する。②砂地盤に加圧注入を行う場合、スリット型の注入孔を複数設け、1.0m ピッチ以下で配置することが望ましい。③砂地盤の場合、周面摩擦抵抗を増加させるためには、加圧注入による注入体の拡張だけでなく、グラウト材と地盤との密着性を向上させることにより、補強効果が大きくなる。

参考文献

1) 窪塚大輔ほか：低強度地盤における地山補強土工の注入体形状が引抜き抵抗力に及ぼす効果の検討, 2018, 第 53 回地盤工学研究発表会論文集