

III-B 70

鋼管補強高圧噴射フォアパイリングの出来形におよぼす造成速度と回転数との関係についての考察

大林組 正会員 二宮 正 正会員 守屋 洋一 松崎 利宣
日本基礎技術 小野寺 賢

1. はじめに

鋼管補強高圧噴射フォアパイリング工法（トレビジェット工法）はトンネルの長尺先受け工の一つで、イタリアで開発されたものである。しかし海外での実績はあるものの情報は断片的で、実際の施工システムや地山への適用性などについて不明確な点が多く、実現場への適用には不安が残っていた。

筆者らは、平成6年7月に千葉県富津市の採砂場盛土地盤で、平成7年2月には舞子トンネル南工事のトンネル内下半部において実証実験を行い、全体システムの作動確認および地山への適用性等を把握した。^{*2)}

³⁾ さらに、平成7年10月には高速道路北神戸線唐櫃東トンネル坑口部において実証工事を行い、2回の実験で得られた知見を検証する事が出来た。^{*4)}

ここでは、千葉での砂質土地盤における実験（CASE6）において、削孔打設で発生したリークにより盛土地盤が乱されるのを防ぐために、設定造成速度（16.7cm/min）を133～200cm/minにあげてリークを押さえた時に得られたデータをもとに出来形におよぼす造成速度と回転数との関係について考察した。

2. 実験

2.1 千葉県富津市における実験概要

時 期：平成7年7月～8月 場 所：千葉県富津市の採砂場における盛土地盤
土 質：表-1に示す。 実験仕様：表-2に示す。

表-1 土質データ一覧表

場 所	土質分類名 (記号)	N 値	最 大 粒 径	粒度分布			均等 係数	湿潤密度 (gf/cm ³)
				礫分	砂分	細砂分		
千葉富津 盛土地盤	シルト混じり礫(G-M)	2～8	160mm	52%	38%	10%	92.0	1.756
	シルト混じり砂(S-M)	2～3	9.5mm	3%	92%	5%	3.1	——

表-2 実験仕様

方 式	Case No.	噴射圧力 (kg/cm ²)	回転数 (rpm)	単位 造 成 時 間 (min/m)	削孔 地 盤	一 次 注 入	備 考
*1 タ ブ ル ロ ー タ リ ー	1	300	10	3～6	礫混土	無	シフト確認の 事前削孔
	2	300	10	6	礫混土	無	
	3	300	10	3	礫混土	無	
	4	300	18	6	礫混土	無	
	5	200	10	6	礫混土	無	
	6	300	10	6	砂質土	無	
	7	300	18	3	砂質土	無	
	8	300	10	6	礫混土	有	
	9	300	18	3	礫混土	無	
*2 トップ ルマ	0	300	10	3～6	礫混土	無	シフト確認の 事前削孔
	10	300	10	6	礫混土	無	

*1 鋼管を外管、高圧噴射管を内管とした二重管を用いて、内外管を相反する方向に回転させながら高圧噴射改良を行う方式で、地盤が硬質な場合には内管に打撃を与えながら削孔する事もできる。排泥は外管と内管の間から排出される。

*2 鋼管を外管、高圧噴射管を内管とした二重管を用いて、内管に回転、または回転と打撃を与えながら高圧噴射を行い、同時に内管の回転で外管のシフトクラウ部のみ回転させる方式。

2.2 砂質土地盤におけるCASE6の実験

CASE6は、回転数10rpm、単位造成時間6min/m（造成速度：16.7cm/min）、噴射圧力300kgf/cm²の設定で削孔を行ったが、削孔深度約4mで盛土地盤の側方上部より激しくリークした。そこで、造成速度を133～200cm/minに上げて削孔打設した（深度4.8～6.4m区間）。その結果、写真-1に示すようならせん状の造形体が形成されていた。

2. 3らせん状造成体の仕様

らせん状造成体は模式的に表現すると図-1のようになり

①造成径：平均66cm

②らせん状造成幅：平均7cm

③らせんピッチ：15cmであった。

さらにこのとき、

噴射ノズルはφ2.2mm×2ヶ

排泥比重は1.71

セメント比は1.522であった。

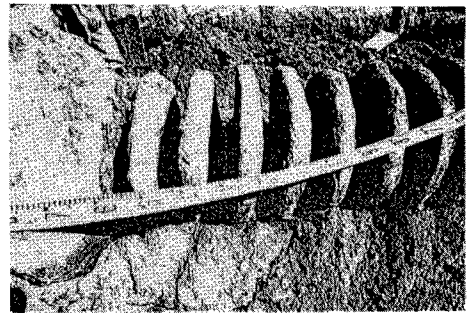


写真-1 らせん状造成体

3. 考察

らせん状造成体造成時間の単位長さ当りの噴射エネルギーは、

$$E = A \cdot t \cdot (2P^3 \cdot g / \rho)^{1/2} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

で表現される。ここに、

E：噴射エネルギー（kgf・m/m） g：重力加速度（m/sec²）=9.8

ρ：セメント比密度（kgf/m³） t：単位造成時間（sec/m）

P：噴射圧力（kgf/m²） A：噴射ノズル断面積（m²）

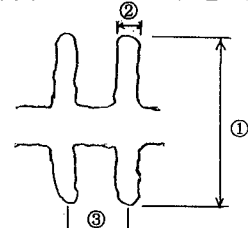


図-1 模式図

らせんピッチが15cmなので、実際の造成速度は（回転数10rpm）15（cm）×10（rpm）=150（cm/min）であり、単位造成時間は1/1.5=0.67min/mあった。①式より、 $E=1.8 \times 10^5$ となり、単位長さ当りの噴射エネルギーと造成径の関係式^{*3)}より（N=4とする）、推定造成径（円筒状）は25.1cmとなる。しかし、実際は15cmの中で7cm造成されており、らせん状造成体径に換算すると $25.1 \times 15 / 7 = 53.8$ cmとなる。

一方、噴射エネルギーが今回の仕様程度であるとする、らせん状造成幅は7cm程度であると予測される。らせん状造成体とならずに円筒状の造成体とするためには、らせんピッチとらせん状造成幅が同じになるよう調整すればよく、CASE6の場合であれば、7（cm）×10（rpm）=70cm/minの造成速度以下であればよいことになる（単位造成時間は1.43min/m）。このときの単位長さ当りの噴射エネルギーは 3.8×10^5 となり、造成径は43.1cmと予測される。これは、CASE6の設定造成速度で削孔打設区間（実測；単位造成時間5.05min/m、 $E=1.36 \times 10^6$ ）の造成径93cm（実測値）に較べて46%であり、事前の計算によって、より合理的な施工が可能であることを示している。

4. まとめ

CASE6でトラブル結果から得られた知見をもとに造成速度（単位造成時間）は、地山の削孔抵抗にも依存するので簡単に決めることはできないが、造成速度と回転数を調整することにより、造成径も含めて鋼管補強高圧噴射フォアパイリングの施工仕様の最適化をはかっていきたい。最後に、本実験のご指導を頂いたジェオフロンテ研究会 長友成樹会長にお礼申し上げます。

5. 参考文献

- 1) 八尋暉夫・吉田宏・西謙治：ウォータージェットを利用した地下工法，鹿島出版会，1983
- 2) 二宮正・守屋洋一・中原巖：鋼管補強高圧噴射式フォアパイリング（トレビージェット工法）の実証実験，第21回日本道路会議論文集，1995.10
- 3) 二宮正・守屋洋一・中原巖・高田徹：新しい鋼管補強高圧噴射式フォアパイリングの実証実験，土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集，1995.11
- 4) 二宮正・守屋洋一・松崎利宜・小野寺賢：新しい鋼管補強高圧噴射式フォアパイリングの実証工事，第31回地盤工学研究発表会論文集，1996.7
- 5) ジェオフロンテ研究会：トレビ工法技術資料，1994.12
- 6) ジェオフロンテ研究会：トレビ工法の実績について，1995.12