

## 鉄道軌道直下において繰り返し注入型地山補強土工法「ロータスアンカー工法」を用いた耐震補強事例について

(株)フジタ 正会員 ○出川 博  
 小田急電鉄(株) 非会員 山元 剛  
 ライト工業(株) 正会員 別府 正顕

### 1. はじめに

近年の地震災害を契機に、特に大都市圏を中心とした、既設盛土等の土構造物の大規模地震に対する耐震補強工事が進められている。鉄道や道路を代表とした、主要インフラの既設盛土やそれに付帯する既設構造物の耐震補強では、稼働しているインフラへの影響を最小限に抑える必要があるため、新設構造物の施工とは異なり、施工条件の厳しい制約を受ける。特に鉄道においては線路閉鎖後の夜間作業を行うことで営業線への影響を小さくしている。

本稿では、このような限られた施工条件の中でも施工可能な工法として、地山補強土工法「ロータスアンカー工法」を採用し、適切な現場管理を行うことで、昼間作業でも営業線直下での施工を可能とした事例を紹介する。

### 2. 現場概要

現場は、小田急小田原線南新宿駅に位置し、駅直下を横断する道路のうち3箇所の橋台について耐震補強を行った。平面図および断面図を示す(図1,2)。施工数量は合計で108本であり、補強材長は7.0~8.5mで、補強材径は230mmである(表1)。施工対象となる橋台は、非常に狭い道路に面しており、施工機械の搬入が困難となることが予想され、さらに、直上を小田急線が供用されており、昼間作業では軌道に影響があることが予想された。

### 3. ロータスアンカー工法の採用

施工対象の橋台に面する道路幅員は、最も狭い箇所約2.4mであるため、小さい削孔機で大きな径の補強材を施工できる工法が求められた。ロータスアンカー工法は、小さい削孔径で、繰り返し注入をすることにより、大きな補強材を造成する工法であり、狭隘地での地山補強土に適した工法である。特殊な注入パイプ「インジェクションパイプ」を使用し、ダブルパッカーからグラウトを繰り返し注入(加圧注入)することにより球根状の補強体が造成され、大きな引抜抵抗力を得ることができる。施工にあたっては、インジェクションパイプが挿入可能な大きさの孔(径130mm)が削孔できればよいため、小型の削孔機で施工可能である。そのため、当現場ではロータスアンカー工法を採用した。なお、ロータスアンカー工法はセメントミルクを加圧注入(1.0~2.0MPa)することで補強材を大きくするため、注入時には圧力、流速の管理が重要となる。

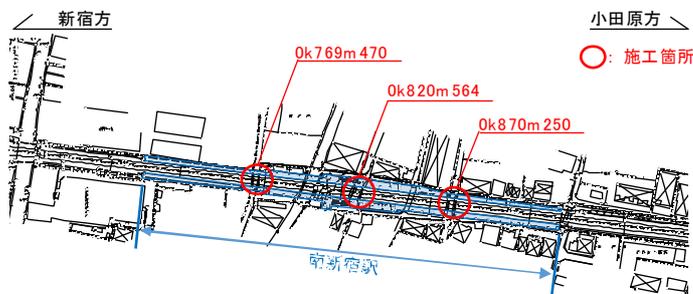


図1. 平面図

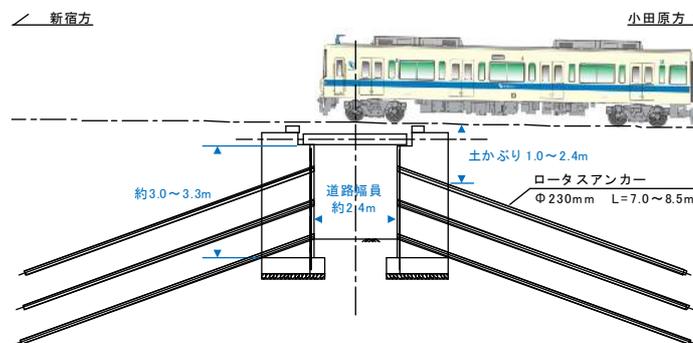


図2. 断面図

表1. 施工数量

キロ程	補強材長	本数	補強材径
Ok769m470	8.0~8.5m	36本	230mm
Ok820m564	7.0~7.5m	36本	230mm
Ok870m250	8.0~8.5m	36本	230mm

キーワード 鉄道, 耐震補強, 地山補強土, 繰り返し注入, 軌道直下での施工

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 修養団 SYD ビル (株)フジタ 交通事業部 TEL03-3376-3146



写真 1. インジェクションパイプ

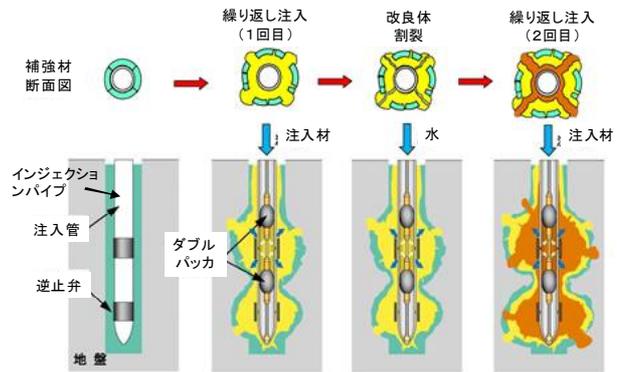


図 3. 補強材径増加の概念図

4. 施工方法

施工対象の橋台に面する道路幅員が約 2.4m であるため、施工機械にはコアドリルを使用した。作業員一人でも持ち上げられる重さであり、寸法は1m程度のものであるため、作業帯幅を最小限に抑えることができた。車両は通行止めになるものの、歩行者の通行を確保しながらの施工が可能となった。

ロータスアンカーの加圧注入時には軌道の隆起を監視しながら注入を行った。既往のデータによると、土かぶりが 1.5m 以上あれば盛土上部の隆起は 1mm 以内に抑えられることがわかっている。当現場では、0k820m564 では 1.5m 以上のかぶり（約 2.4m）がある一方で、0k769m470、0k870m250 においては最上段の土かぶりは 1.5m 未満（それぞれ約 1.2m、約 1.0m）であった。安全を考慮し、3 架道橋すべての施工箇所の最上段については線路閉鎖での作業を行い、隆起量の確認を行うことで、2 段目以深の昼間作業の可否の判断基準とした。

5. 注入圧力と軌道隆起

表 2 に、最上段における繰返し注入時の最大圧力を示す。最上段には各箇所 で 4 本の補強材があり、最大の圧力で 0.8 ~ 1.6MPa の範囲に収まっていることが分かる。隆起量は全ての箇所 で 0mm（計測誤差以内）であった。

鉄道総合技術研究所 盛土試験場での試験施工で得られた値として、土かぶり 1.5m の場合に、注入圧力が 1.5MPa で最大隆起量が約 0.8mm であったり。既往の試験施工結果と比較して、土かぶりは小さい（最小で約 1.0m）にもかかわらず、隆起量は小さかった理由として、施工時の条件の違いが考えられる。試験施工時は盛土上には何もない条件で行ったのに対し、今回の施工では軌道設備やバラスト等の重量物が盛土上にあるので、この重量を隆起させるには更に大きな圧力が必要であった可能性がある。

この結果を受けて、2 段目以深での加圧注入でも軌道の隆起は生じないと判断し、昼間での作業とした。これにより、工期短縮、コスト削減を実現することができた。また、施工箇所の道路は、駅を利用する歩行者が早朝と夜間に多く通行する区間である。歩行者の少ない昼間に作業ができたことで、駅利用者・近隣住民への影響も最小限に抑えることができた。

6. まとめ 施工対象の橋台では、土かぶりの薄い箇所の加圧注入でも軌道隆起は確認されなかった。これは、施工管理の徹底と、軌道上の重量物によるものと考えられる。また、最上段施工での軌道隆起が小さいことを受け、土かぶりが大きい箇所では昼間での列車運行を行う時間でも施工ができた。これにより、工期短縮、コスト削減につながり、近隣への影響も抑えることができた。

ただし、各施工現場により土質・上載荷重の条件が異なるため、試験施工を行うなど、施工時間選定の判断は慎重に行わなければならない。

参考文献

1) 別府ら(2014):繰返し注入による地山補強土工法「ロータスアンカー工法」の鉄道盛土への適用性について 土木学会第 69 回年次学術講演会(平成 26 年 9 月)

表 2. 注入時の最大圧力

		最大圧力 (MPa)			隆起量
		0k870m250	0k820m564	0k769m470	
小田原方	1	1.4	1.2	1.2	全ての箇所 で0mm
	2	1.1	0.9	1.0	
	3	1.4	0.9	1.2	
	4	1.2	1.0	1.2	
新宿方	1	1.4	1.2	1.2	
	2	1.2	1.1	1.2	
	3	1.3	0.8	1.2	
	4	1.6	1.0	1.2	