

開削トンネル上部における地盤の緩みの調査方法に関する研究

JR 東日本 正会員 ○窪島 智樹
JR 東日本 正会員 鈴木 延彰
JR 東日本 正会員 下垣 正宏

1. 研究背景と目的

武蔵野線開削トンネルの上部において、1974年から地盤の緩みが発生していた。そこで対策として、2006年より地盤注入工事を行ってきた。注入工事を行う際、事前にトンネル側壁部の緩み箇所に沿って探査ボーリングを行い、その結果緩みがみられると判断された箇所については注入率を一律に70パーセントとして注入を行ってきた。しかし現行の注入率では、箇所ごとの緩みの程度まで考慮に入れておらず、以下のような問題がある。

- ・注入の必要性の判断があいまいである。
- ・設計注入量に達した時点で注入を打ち切るため、実際はさらに注入が必要な箇所が残っている可能性がある。

本研究では注入前に行っている探査ボーリング(エンパソル)の結果を用いて緩みの程度を判断し、緩みの程度から適正な注入量を決定する手法について検討する。またその手法に基づいて実際に注入工事を行い、さらに注入後の注入効果の確認を行うことで本手法の有効性について検証する。

2. エンパソルを用いた注入量の算出法の検討

2-1. エンパソル(回転貫入式サウンディング)の概要

探査ボーリングはエンパソル(回転貫入式サウンディング)により行っている。エンパソルは地盤削孔時の削孔抵抗データを5ミリ単位で収集することで連続的な地盤調査を行うことが可能なシステムとなっている。

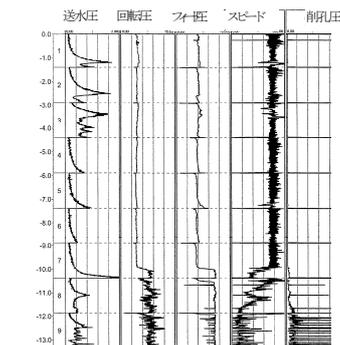


図1.緩み箇所でのエンパソルデータ

データは、図1の列の左から順に以下の通りである。

- ①送水圧：削孔時のスライムを地上に排出するための送水圧
- ②回転圧：先端ビットの回転機構の駆動油圧を示すトルク
- ③フィード圧：フィード機構の配管抵抗を示す保持力

- ④スピード：時間当たりの削孔速度
- ⑤削孔時間：5ミリ削孔に要した時間

本研究では、エンパソルにより得られたデータを用いて地盤の緩みの程度を判断していく。

2-2. 健全部と緩み箇所のエンパソルデータの比較による注入率の算出

エンパソルにて削孔していくと、削孔時のスライムも増加するため、スライムを地上に排出するための送水圧も上昇していく。緩み箇所削孔時と健全部削孔時では、この送水圧の増分が異なると考えられる。健全部削孔時の送水圧の増分を算出し、これを緩み判断の基準値とし、送水圧の増分が基準値よりも小さい箇所については緩み箇所であると判断することができる。

ある調査点でのエンパソルのデータを図1に示し、深さと送水圧の増分との関係を図2に示した。今回は注入率を以下の仮説に基づき定めた。

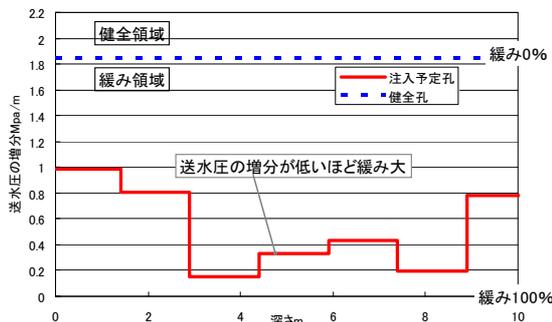


図2.深さごとの送水圧の増分

送水圧の増分が、健全部でのそれを下回る箇所については緩み箇所と判断する。健全部の注入率は国交省の積算基準より40.5%とした。また送水圧の増分が0となる箇所は空洞箇所と判断し注入率は100%とすることで、深さ約1.5mごとの緩み状況から注入率を求めた。

3. 仮説に基づいた注入の実施

3-1. 試験注入

図3に今回注入を実施した2箇所の注入孔を示し、以下のように呼ぶこととする。

- ・試験孔A：上記仮説(深さ1.5mごとに定めた注

キーワード：空洞化、開削トンネル、エンパソル、回転貫入式サウンディング、地盤注入、二重管ダブルパッカー方式
連絡先：〒192-8502 東京都八王子市旭町1番8号 JR 東日本 八王子支社 設備部 土木課
TEL:042-620-8564
E-mail: kuboshima@jreast.co.jp

入率)による注入。

・従来孔B:従来通りの注入率である70%にて注入。

試験孔A、従来孔Bの両方について仮説に基づいた注入率を算出した結果を図4に示す。試験孔Aにおいては算出した注入率に基づき注入を行っていき、一方、従来孔Bにおいては算出した注入率81%ではなく従来どおりの70%にて注入を行い、両方の効果の違いを検証していく。

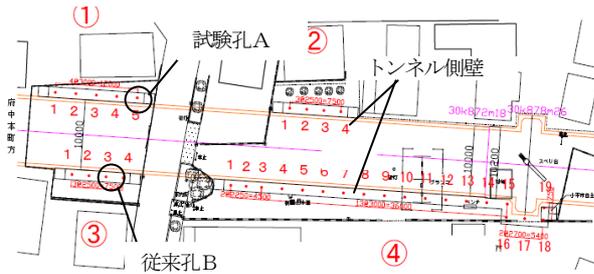


図3.注入確認箇所(平面図)

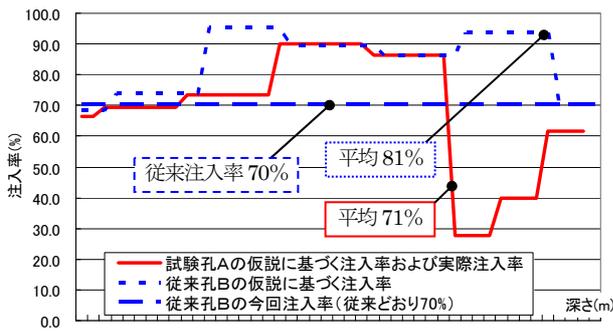


図4. 試験孔Aおよび従来孔Bの注入率

3-2. 注入効果の確認

注入後の試験孔Aおよび従来孔Bにて簡易貫入試験および、注入確認エンパソルを行い、注入効果の確認および仮説の検証を行った。

(1)簡易貫入試験による検証

試験孔Aおよび従来孔B、未注入箇所の3箇所にて簡易貫入試験を行った。

図5に試験結果(N

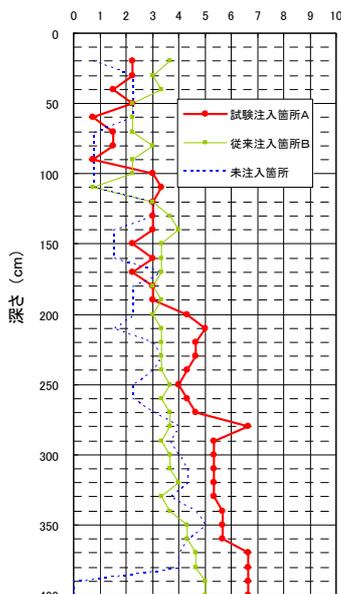


図5.N値の比較

値)を示す。今回は深さ 1.0m 以下を注入範囲としており、A、Bのデータはともに 1.0m 付近以深でN値が増加しており、注入の効果が現れていることがわかる。また、深さ 1.8m 以深では試験孔Aの方が従来孔BよりもN値の増加の度合いが大きくなっており、試験孔Aの方がより高い注入効果を得ていることが確認できる。

(2)注入確認エンパソルによる検証

表1に、回転圧、フィード圧、削孔スピードについて、注入前に行った事前探査エンパソルの結果(平均値)と、注入後に行った注入確認エンパソルの結果(平均値)を示す。各指標の注入前後の改良効果を見ると、試験孔Aの方が従来孔Bよりも注入効果が大きく現れていることが確認できる。

表1.試験孔と従来孔のエンパソル結果比較

	回転圧(Mpa)		フィード圧(Mpa)		スピード(m/h)	
	試験孔A	従来孔B	試験孔A	従来孔B	試験孔A	従来孔B
注入前	3.6	4.5	3.7	4	368	390
注入後	4.8	3.9	5.3	4.1	322	360
変化率%	33%	-13%	43%	2%	-13%	-8%
改良効果	1.33	0.87	1.43	1.02	1.13	1.08

※改良効果は注入前を1として算出。

(3)注入効果の確認のまとめ

従来孔Bは、仮説に基づく注入率より低い、従来通りの70%で注入した。そのため、注入前よりは緩みは解消されているものの、十分な注入効果が得られなかったものと考えられる。

仮説に基づき算出した注入率により注入を行った試験孔Aは、従来孔Bよりも高い注入効果を示すことが簡易貫入試験および注入確認エンパソルの結果から確認された。本仮説に基づいて深さごとの注水量を決定し、その注水量を管理しながら注入を行うことでより効果的な注入を行うことができると考えられる。

4. まとめと今後の課題

事前探査エンパソルを用いて注入率を算出する手法を構築し、それに基づき深さごとの注入率を管理した試験施工を行った。またその後注入効果の確認を行うことによって、仮説の有効性を確認することができた。

今後はさらに施工の規模を広げ、本手法の有効性を詳細に検証することで、注人工事の効率化や安全性の向上、コストダウンへとつなげていきたい。

参考文献:

1) 土木工事積算基準マニュアル,財団法人建設物価調査会,2009.7