

脈状地盤改良工法適用箇所の本施工結果と品質確認

西日本旅客鉄道（株） 正会員 ○吉本 叶、前田 友章
 非会員 速見 直紀
 （公財）鉄道総合技術研究所 正会員 井澤 淳
 ジェイアール西日本コンサルタンツ（株） 非会員 伊藤 元明

1. はじめに

芸備線戸坂・矢賀駅間の中山踏切付近では、鉄道交差部に道路ボックスカルバートを施工しており、鉄道直下のボックスカルバートについて液状化による浮き上がりが懸念された。求められる要求性能を満足できる工法を検討し、経済的な観点もふまえ、液状化対策として脈状地盤改良工法¹⁾を適用した（図-1）。

本工法は液状化対策の中でも密実化工法に該当する。図-2に示すように、注入速度を変化させ、多方向の改良脈を形成させることで、周辺地盤を密実化し、効率的に地盤を締め固める。

これまでに盛土での液状化対策として適用事例²⁾はあるが、ボックス下での適用はない。また、本工法を用いた施工は当社では初めてであることから、試験施工で所定の改良効果が得られることを確認したのち、本施工を実施した。

本稿では脈状地盤改良工法の本施工結果を整理し、改良効果や品質確認方法についてまとめる。

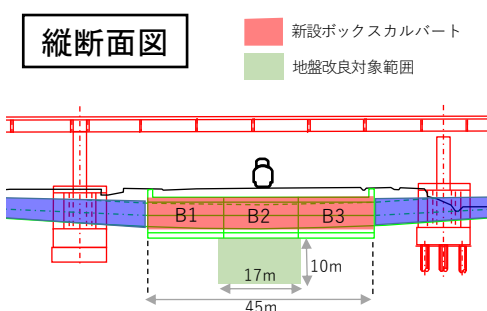


図-1 施工箇所概要

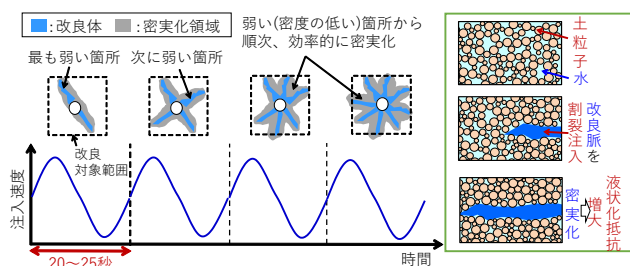


図-2 脈状地盤改良工法概念図

2. 試験施工

改良効果の確認のための調査として、オートマチックラムサンディング・三成分コーン試験・PS 検層・RI コーン試験・LLT 試験を実施した。すべての項目で改良効果を確認できた³⁾。なお、N値を用いた液状化判定の結果、液状化指数 PL 値を 1/3 程度まで低減できたが、液状化及び浮き上がりは生じると判定された。そこで、より詳細な液状化判定として、サンプリング試料を用いて改良履歴を再現した液状化強度試験^{4,5)}を実施した。検討の結果、改良直後は安定レベル¹⁶⁾を、経年による拘束圧の減少を考慮した場合でも安定レベル 2 を満足することが確認できた。以上の結果をふまえ本施工を行い、試験施工と同等の改良効果が得られているかを確認することとした。

3. 本施工

3. 1 本施工概要

本施工の改良範囲とラムサンディング実施箇所を図-3に示す。改良範囲は鉄道直下の B2 ボックスを網羅できる範囲とし、深度 10m~20m において瞬結性懸濁型注入材を注入率 10% で速度を変化させながら注入した。

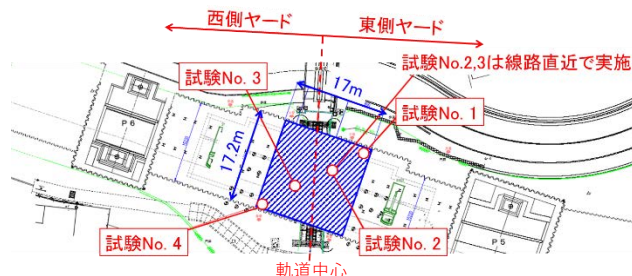


図-3 改良範囲・ラムサンディング実施箇所

3. 2 本施工結果

本施工前後の N 値を図-4に示す。地盤改良を実施した 10m 以深の改良範囲全体にわたって N 値の

キーワード 液状化、地盤改良、液状化対策

連絡先：〒732-0827 広島県広島市南区稲荷町 4-1 NK ビル 6F TEL:082-263-4777

増加が確認できた。さらに、改良対象上部（深度 8 m～10m）にも効果が伝搬し、N 値の増加が認められた。なお、今回の結果はこれまでの脈状地盤改良工法の結果に比べ N 値の増加幅が大きかった。土被りが比較的大きく締固め効果が発揮されやすかったことや、土被りを考慮し注入ポンプの出力を大きくしたことが要因として考えられる。

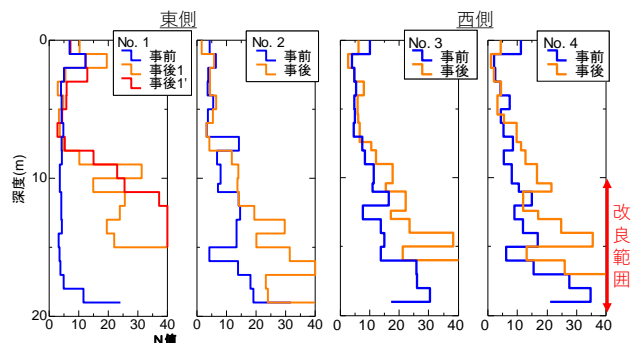


図-4 本施工前後のラムサウンディング試験結果

3. 3 品質確認

試験施工の結果をふまえ、本施工の品質確認は図-5 に示す手順で段階的に確認した。

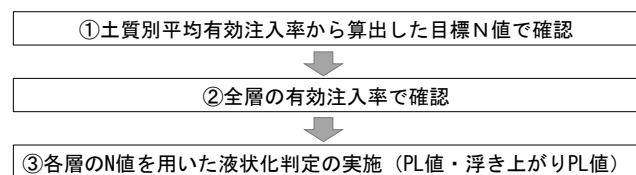


図-5 品質確認フロー

試験施工から求めた有効注入率 η (表-1) を元に本施工での目標 N 値を設定した。目標 N 値と改良後の N 値を比較した結果を表-2 に示す。

ほとんどの箇所目標 N 値に達し、品質確認フロー①を満たしていることを確認した。No.4 で、目標 N 値に達しない層が 0.5m 存在したが、品質確認フロー②を満たしているため、本施工においては所定の品質を確保しているものと判断した。

また、本施工は事例の少ない工法であることから、事後ボーリング結果を用いた液状化判定も実施した。N 値のみを用いた場合で、要求性能である安定レベル 2 を満たすこと、試験施工で実施した液状化強度試験結果を適用すると安定レベル 1 を満足することを確認した。

品質確認フロー①～③を満足しない場合は、追加調査による検討 (LLT 試験、PS 検層、密度検層など) やサンプリング試料を用いた液状化強度試験を

行うことで、より精緻な評価が可能である。

表-1 試験施工における有効注入率

	深度 (m)	土質データ				改良前		改良後		有効注入率 (%)	
		Fc	γ_t	e_{max}	e_{min}	N_0	e_0	Nn	en	各層	土質別平均
US1	10.0~11.5	10.2	19.0	1.204	0.682	12.4	0.954	20.4	0.884	3.61	3.61
US2	11.5~12.0	10.2	19.0	1.204	0.682	16.0	0.923	20.8	0.884	2.05	1.44
	12.0~13.0	14.1	19.0	1.282	0.713	16.2	0.980	15.4	0.987	0.00	
	13.0~14.0	14.1	19.0	1.282	0.713	17.0	0.978	20.0	0.952	1.30	
	14.0~15.0	14.1	18.0	1.282	0.713	15.4	0.997	21.8	0.943	2.71	
US4	15.0~16.0	14.1	18.0	1.282	0.713	14.0	1.014	16.8	0.989	1.27	0.42
	16.0~17.0	11.8	18.0	1.236	0.694	17.8	0.953	17.8	0.953	0.00	
	17.0~18.0	11.8	18.0	1.236	0.694	26.4	0.896	26.4	0.896	0.00	

表-2 本施工結果

No. 1	深度 (m)	改良前目標値		改良後		No. 2	深度 (m)	改良前目標値		改良後	
		N_0	N	判定	N_d			N_0	N	判定	N_d
Us2	11.0	4.0	5.6	≦	14.9	Us2	11.0	7.9	10.1	≦	13.7
	12.0	3.5	5.1	≦	25.6		12.0	10.5	13.0	≦	14.2
	13.0	4.1	5.8	≦	23.9		13.0	14.6	17.5	≦	19.4
	14.0	4.3	6.1	≦	19.5		14.0	13.4	16.3	≦	29.7
	15.0	3.2	4.8	≦	22.0		15.0	13.4	16.3	≦	20.1
	16.0	3.5	5.2	≦	110.2		16.0	4.2	6.1	≦	31.4
	17.0	3.8	5.6	-	-		17.0	13.9	17.0	≦	41.8
Us4	18.0	4.9	5.5	-	-	Us4	18.0	18.1	19.1	≦	23.3
	19.0	11.6	12.5	-	-	19.0	19.1	20.2	≦	24.0	
	20.0	24.1	25.3	-	-	20.0	31.8	33.1	≦	49.1	

4. まとめ

施工の結果より、本工法は液状化によるボックスカルバートの浮き上がり対策として十分な効果があることが確認できた。本地点で実施した品質確認の手順は有効であると考えられるため、今後、本工法を適用する場合への参考になれば幸いである。

まだまだ事例の少ない工法のため、実績を増やし、本工法の選定基準や機械の改良、品質確認方法の確立が必要であると考えます。

【参考文献】

- 1) 井澤ら：脈状割裂注入による効率的な液状化対策工法の開発，土木学会論文集 C (地圏工学)，Vol.75, No. 4, pp. 454-468
- 2) 井澤ら：脈状地盤改良工法による北千住駅付近の液状化対策 事前検討および試験施工，第 74 回年次学術講演会，2019
- 3) 速見ら：脈状地盤改良工法適用箇所の試験施工と品質確認試験，第 75 回年次学術講演会，2020
- 4) 井澤ら：サンプリング試料を用いた脈状地盤改良工法の効果確認，第 75 回年次学術講演会，2020
- 5) 井澤ら：各種地盤調査結果を用いた脈状地盤改良工法の改良効果評価，地盤材料のボーリング・サンプリングと採取試料の品質評価法に関するシンポジウム，2021.
- 6) (公財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，2012.