

松山駅高架化事業における脈状地盤改良工法の適用 その3（本施工結果）

四国旅客鉄道（株） 正会員 ○糸川和樹 大谷一将
 中央復建コンサルタンツ（株） 正会員 山脇奨平
 ライト工業（株） 正会員 大西高明
 （公財）鉄道総合技術研究所 正会員 山本昌徳 井澤 淳

1. 目的

予讃線松山駅付近高架化事業における高架区間と現在線の取り付け区間は、土工区間として計画している。直下地盤に液状化層があることから脈状地盤改良工法¹⁾による対策を検討した。事前検討²⁾を踏まえた試験施工³⁾により、L2地震動に対して P_L が5を下回るレベルまで改良できる可能性を確認した。これらを踏まえて本施工を実施したので報告する。

2. 本施工概要および品質確認の方針

JR 四国管内は脈状地盤改良工法の適用が初めてであるため、本施工では詳細に品質確認を行うこととし、図1に示す通り改良対象区間を15~20m間隔に7分割し、それぞれの範囲で実施する改良前後のN値計測から試験施工と同等の有効注入率3.2%が確認出来れば要求性能を満足すると判断する。確認手順は、過去の施工実績⁴⁾を参考に、以下のいずれかの段階で確認要件を満たせば要求性能を満足すると判断することとした。段階1：1m毎の層の有効注入率が3.2%を上回ることを確認する。なお、確認作業の簡易性を考慮し、試験施工の土質別平均有効注入率から算出した目標N値(N_1)を上回ることを確認する。

段階2：土質別平均有効注入率が3.2%を上回ることを確認する。

段階3：本施工後の地盤調査で得られるN値を用いて液状化判定を実施し、 $P_L < 5$ となることを確認する。

表1(a)(b)に範囲①~⑦における改良対象域の改良前N値、目標有効注入率および目標N値をそれぞれ示す。目標値の算定には最近傍の調査結果を用いることとし、範囲①②についてはSPT H13-No.4を、範囲③~⑦についてはSPT R03-No.1を用いた。また、改良対象域についてもこれらの結果を用いて、それぞれ3.8~5.8m, 5.0~7.8mとした。なお、対象とする土質分類表記が異なっているが、細粒分含有率などの調査結果を含めて検討し、どちらもシルト混り砂層が堆積していると判断した。実施注入率は試験施工と同様の10%とし、1.5mピッチで250mm間隔のボトムアップ施工とした。

3. 施工結果および品質確認

範囲①~⑦の改良対象域における本施工前後のN値や有効注入率等を図2および表1(c)に示す。図2より、すべての範囲の改良対象域で改良後のN値が改良前を上回っていること、対象域より上・下部においてもN値の増加が見られることが分かる。図2中には目標N値を黒線で、表1(c)中には目標を上回った値を青字、下回った層を赤字で示しているが、範囲③の全域、および範囲⑤、⑦の一部以外は、目標N値を上回っており、段階1で性能を満足する結果となった。また、範囲⑤については土質別平均の有効注入率が3.2%を上回り、

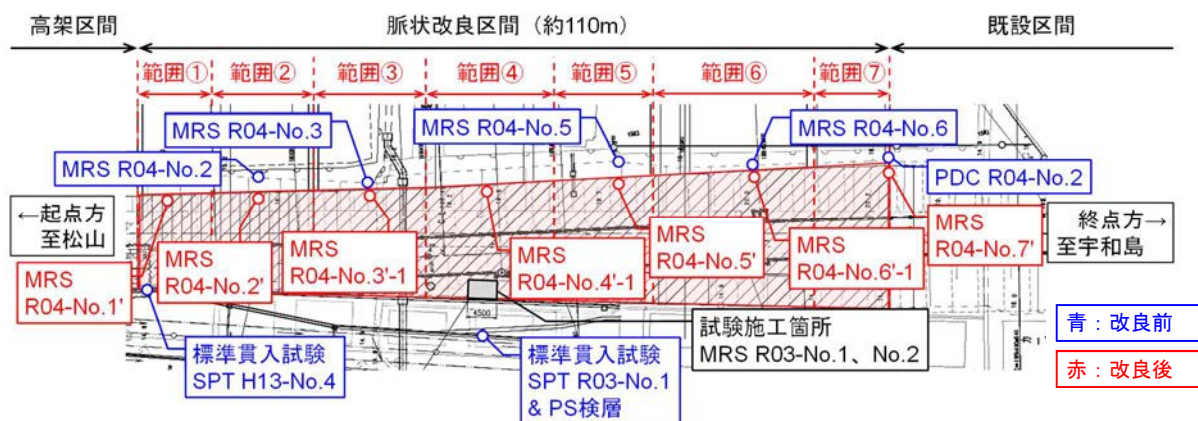


図1 検討対象区間周辺および地盤調査地点の位置関係（本施工）

段階 2 で確認要求を満たす結果となった。一方、範囲③、⑦に関しては土質別平均有効注入率も目標値を下回っているため、液状化判定を実施して改良効果の検討を行うこととした。判定結果を表 2 に示すが、どちらの範囲でも改良後は $P_L < 5$ を満たし、液状化の影響を無視できるレベルまで改良出来ていることを確認した。

4. まとめ

予讃線松山駅付近高架化事業における土工区間の液状化対策として脈状地盤改良工法を適用した。事前検討および試験施工結果を踏まえて計画した方針に沿って、改良前後のN値を用いた品質確認を実施した結果、すべての範囲でL2スペクトルII地震⁵⁾に対する P_L 値が5を下回り、要求性能を満足するレベルまで液状化対策を実施出来ていることを確認した。

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, Vol. 75, No.4, 2019. 2) 山本ら：松山駅高架化事業における脈状地盤改良工法の適用 その 1（事前検討），土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023.3) 山本ら：松山駅高架化事業における脈状地盤改良工法の適用 その 2（試験施工），土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023. 4) 吉本ら：脈状地盤改良工法適用箇所の本施工結果と品質確認，土木学会第 77 回年次学術講演会, 2022. 5) 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.

表1 各範囲の目標値と改良前後の調査結果

(a) 事前調査結果					(b) 目標値		(c) 改良後調査結果			
範囲	層 番号	土質 分類	深度 (m)	N値 N ₀	有効 注入率 (%)	N値 N ₁	N値 N ₁ '	有効注入率(%) 各層 土質別平均		
①	5	砂質土	3.80 ~	4.80	3.2	17.2	27.2	6.6	8.1	
	6		4.80 ~	5.80		10.7	28.5	9.6		
②	5	砂質土	3.80 ~	4.80		23.3	25.4	3.9	6.4	
	6		4.80 ~	5.80		10.3	25.8	9.0		
③	9	シルト 混り砂	5.00 ~	6.00		13.8	11.2	1.8	1.7	
	10		6.00 ~	7.00		17.8	15.6	2.2		
	11		7.00 ~	7.80		21.6	16.8	1.1		
④	9	シルト 混り砂	5.00 ~	6.00		9.5	17.1	7.1	7.3	
	10		6.00 ~	7.00		16.0	28.8	8.4		
	11		7.00 ~	7.80		11.0	17.3	6.3		
⑤	9	シルト 混り砂	5.00 ~	6.00	19.0	10.5	-1.2	4.0		
	10		6.00 ~	7.00	11.9	21.6	7.7			
	11		7.00 ~	7.80	15.3	21.3	5.8			
⑥	9	シルト 混り砂	5.00 ~	6.00	8.9	11.8	4.9	6.8		
	10		6.00 ~	7.00	17.8	27.0	7.0			
	11		7.00 ~	7.80	34.6	53.4	9.0			
⑦	9	シルト 混り砂	5.00 ~	6.00	14.9	13.5	2.5	2.9		
	10		6.00 ~	7.00	19.9	19.9	3.2			
	11		7.00 ~	7.80	20.6	20.6	3.2			

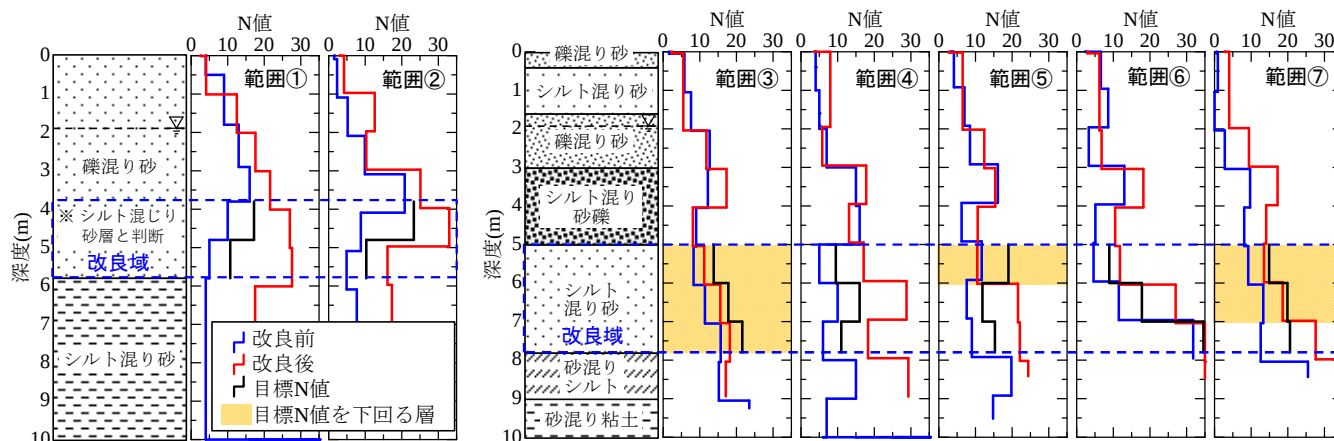


図 2 各範囲の改良前後の N 値

表2 範囲③⑦における改良後の液状化判定結果（判定対象層のみ抜粋）

				(a) 範囲③						(b) 範囲⑦							
地層 番号	土質 分類	深度 (m)		F_c (%)	N値	R	L	F_L	ΔP_L	P_L	N値	R	L	F_L	ΔP_L	P_L	
5	礫	1.9	～ 2.0	17.8	8.2	0.571	0.473	1.207	0.000		4.0	0.384	0.473	0.812	0.153		
6		2	～ 3	18	11.8	0.749	0.486	1.541	0.000		9.4	0.607	0.486	1.249	0.000		
7	シルト	3.0	～ 4.0	6.3	17.3	0.929	0.507	1.832	0.000		17.2	0.929	0.507	1.832	0.000		
8	混り砂礫	4.0	～ 5.0	6.3	8.1	0.333	0.524	0.635	2.825	2.8	14.1	0.568	0.524	1.084	0.000	0.2	
9	シルト 混り砂	5.0	～ 6.0	17.0	11.2	0.550	0.539	1.020	0.000		13.5	0.651	0.539	1.208	0.000		
10		6.0	～ 7.0	17.0	15.6	0.711	0.550	1.293	0.000		18.6	0.917	0.550	1.667	0.000		
11		7.0	～ 7.8	17.0	16.8	0.745	0.559	1.333	0.000	29.0	3.619	0.559	6.474	0.000			