脈状地盤改良工法適用箇所の試験施工と品質確認試験

西日本旅客鉄道（株）　正会員　○速見　直紀、前田　友章
非会員　半井　恵介
（公財）鉄道総合技術研究所　正会員　小島　謙一、井澤　淳
ジェイアール西日本コンサルタンツ（株）　正会員　中谷　紘也

１．はじめに

鉄道と地下交差する道路施設の設計は、鉄道の技術基準[1)2)]に基づく設計荷重を考慮するとともに、道路施設としての所要の機能を確保しなければならない。特に、液状化が想定される地盤では、鉄道直下前後の道路施設の耐震性能との連続性に配慮しつつ、交差部の道路と鉄道の復旧性の観点から液状化対策を検討することを基本としている。

今回、図-1 に示すような鉄道交差部の道路ボックスカルバート（Bv）下で脈状地盤改良工法[3)]を採用する。本工法は既にいくつかの箇所で対策効果が確認されているが[4)5)]、適用箇所においても改良効果が得られるか確認する。本稿では、改良効果を定量的に示すことを目的に、試験施工前後で実施した品質確認試験の結果について報告する。

２．注入試験

２．１　施工概要

図-2 に示すように、深度 5m～20m に注入率 10%で瞬結型懸濁注入材を注入間隔 1.5m で 6 箇所に二重管ストレーナー（単相式）で 2 ショット注入する。所定深度から 25cm ごとに上部へ移行し、注入速度は 8L/min～16L/min で動的注入を行った。なお、礫混りシルト層は薬液注入が困難なため、改良対象外とする。

２．２　試験概要

改良効果を評価するために表-1 に示す試験を実施した。図-２に試験位置を示す。試験はこれまで他の現場でも実施しているオートマチックラムサウンディングや PS 検層の他に三成分コーンや RI コーンも行い、適用性について検討した。

３．試験結果

図-3 に各種試験の改良前後の結果の比較を示す。

３．１　オートマチックラムサウンディング

図-3（a）に Nd 値の深さ方向の分布を示す。

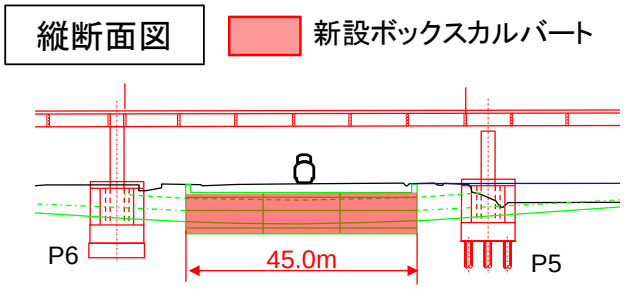

図-1　中山 Bv 概要

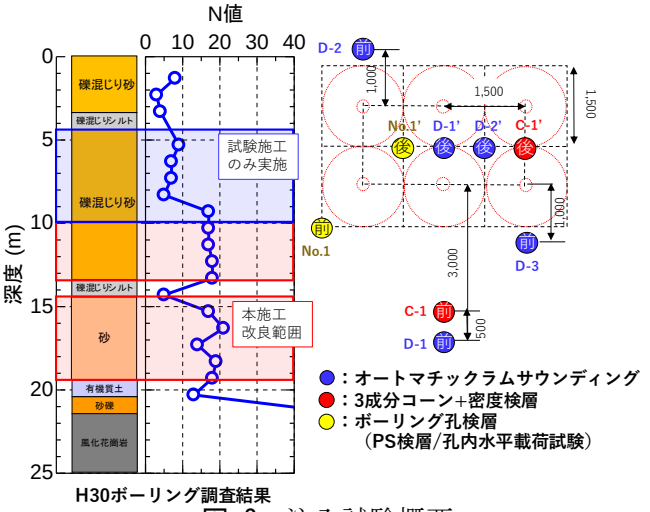

図-2　注入試験概要

表-1　注入試験確認項目

試験項目	確認項目
オートマチックラムサウンディング	換算N値（Nd）
三成分コーン試験	先端抵抗（qt）、周面摩擦（fs） 間隙水圧（u）、換算N値（Nc）
RIコーン試験	湿潤密度（ρt）、乾燥密度（ρd） 含水比（w）
ボーリング孔検層	地質構成
PS検層	S波速度（Vs）
孔内水平載荷試験（LLT）	静止土圧係数(K_0)

各試験孔で結果にバラツキが見られるが、改良前（3 箇所）と改良後（2 箇所）で各土層毎の深度の平均値を比較すると、区間の最小値及び最大値ともに増加傾向にあり、区間平均として 1.3 倍～2.0 倍程度の Nd 値の増加が確認された。16m 以深は比較的堅く、改良後のオートマチックラムサウンディングの実施は不可能であった。

キーワード　液状化、脈状地盤改良工法、注入試験
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

© Japan Society of Civil Engineers

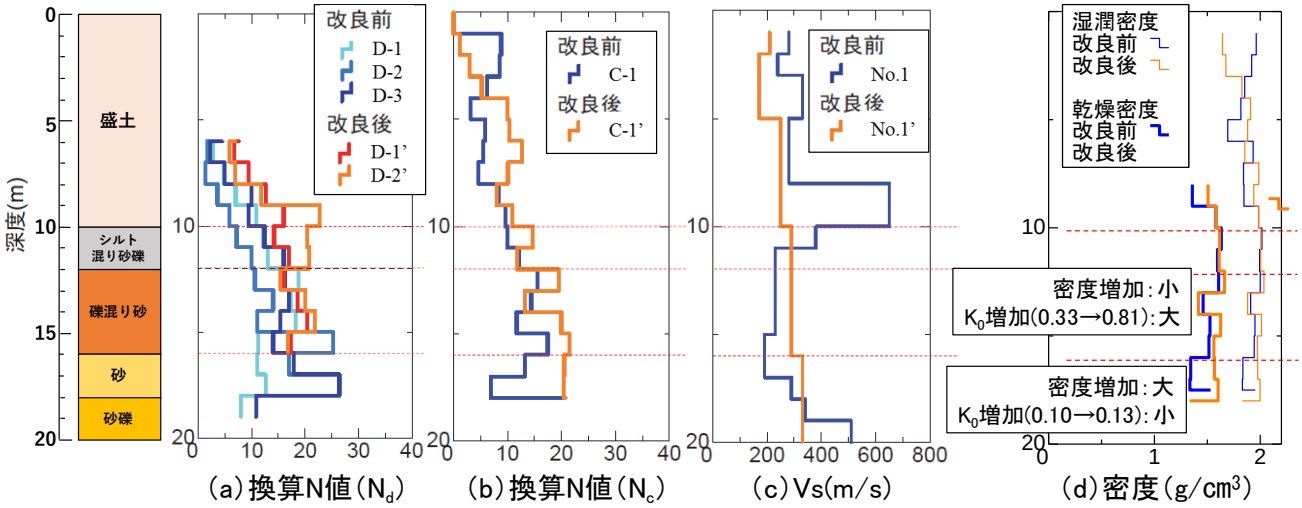

図-3　各種試験結果比較

３．２　三成分コーン

三成分コーン試験から求めた Nc 値も増加傾向にあり（図-3（b））、11m 以深についてはオートマチックラムサウンディングの結果と概ね同等の値を得た。なお、先端抵抗（qt）は、脈状注入を行った GL-5.0m 以深で 1.1 倍から 2.0 倍の値となり、脈状注入の効果により地盤が堅く締まっていることを確認した。

３．３　PS 検層

改良前及び改良後でダウンホール法により得られた Vs を比較した（図-3（c））。深度 11m以浅では、一部地中構造物があり、改良前の Vs の値が大きくなっている。一方で、深度 11m～17.5mでは改良前に対して、礫混り砂層で 1.3 倍、砂層で 1.1～1.7 倍程度の Vs の増加がみられる。Vs の値も Nd 値と Nc 値と同様に増加傾向を示しており、地盤の剛性が増加したことが窺える。

３．４　ＲＩコーン試験・ＬＬＴ試験

RI コーン試験は三成分コーン試験と同一箇所で実施した。また、LLT 試験は深度 13.5m（礫混り砂層）と深度 17.5m（砂層）で実施した。密度試験結果と LLT 試験の結果を図-3（d）に示す。LLT 試験で得られた K_0 と密度検層から得られた密度を比較すると、礫混り砂層では密度増加が小さく、K_0 の増加が大きくなった。一方で砂層では密度増加が大きく、K_0 の増加が小さくなった。Nc、Vs の増加はほぼ同等であるが、礫混り砂層は拘束圧の増加に起因し、砂層は比較的締固めやすいため、密度増加に起因していると考えられる。このうち、拘束圧の増加に起因する対策効果については、ボーリングと同時に採取したサンプリング試料を用いた液状化試験結果を用いて次稿にて評価する[6]。

４．まとめ

本稿では、脈状地盤改良工法の注入前後に各種確認試験を実施し以下の改良効果を確認した。

① 密度増加または拘束圧の増加により N 値、Vs が増加することを確認した。この結果から、脈状地盤改良工法において、改良効果を確認するためには RI コーン試験、LLT を個別に行うよりもそれらの影響を同時に考慮できるN値、Vs を測る方が合理的であると考えられる。

② RI コーン試験、三成分コーン試験を行うことで脈状地盤改良工法の効果を確認できる可能性があることを示した。

【参考文献】

1)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,平成 24 年 9 月
2)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説　開削トンネル,平成 13 年 3 月
3)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
4)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
5)石橋ら：脈状地盤改良工法による北千住駅付近の液状化対策　施工および品質確認,第 74 回学術講演会,2019
6) 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 74 回年次学術講演会,2020(投稿中)

© Japan Society of Civil Engineers