

硬質地盤における大深度・大口径改良体の高圧噴射攪拌工法による試験施工

日本原子力研究開発機構 正会員 ○一条つばさ 中山一彦 瀬下和芳 小島一樹 植永百香
大日本ダイヤモンドコンサルタント株式会社 正会員 石川正基 非会員 杉森辰次 中島雅之

1. はじめに

試験研究用原子炉施設の冷却設備を内包する建物の基礎地盤のすべり抵抗を向上させるために、高圧噴射攪拌工法による地盤改良を行う計画がある(以下、本施工とする)。この工法は改良深度が約30mでN値50以上の硬い地盤に対して大口径改良体の施工事例は少ないため、試験施工を行った。本稿ではその実績について報告する。

2. 試験施工概要

2.1 施工概要

本施工は、地震時に想定されるすべり面に対して必要なせん断抵抗力が確保されるよう、建物の東西両側の深度約13m～30mの大深度で施工する計画である(図-1)。地盤改良範囲及び地盤の概要を図-1,2に、事前ボーリング結果を図-3に、土質試験結果を表-1に示す。改良範囲の地層は、埋戻土及び第四系更新統の砂層及び砂礫層からなり、N値50を超える硬い地盤が存在する。また、建物周囲には共同溝や電源ケーブル等が埋設されており、それらを避けるため大口径の改良体径を確保する必要がある。試験施工では、本施工と同じ地層、深度で改良体を造成し、施工成立性を確認するため各種試験を実施した。

試験施工の施工仕様を表-2に示す。施工仕様はメーカー仕様に基づき、目標改良径をφ4.0m～5.0mとし、造成方法は改良範囲全体に固化材スラリーが充填するよう改良体を造成後、再度ロッドを挿入し短い噴射時間で固化材スラリーの噴射を行った。また、硬い砂礫層については引き上げ時間を他の層より長くし施工を行った。

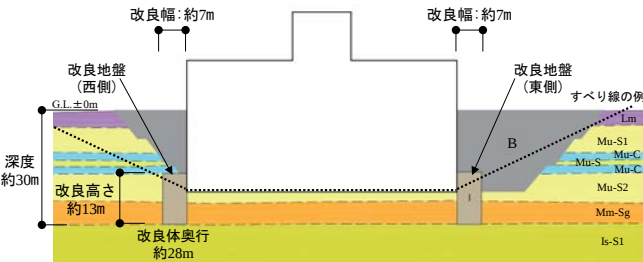


図-1 地盤改良範囲

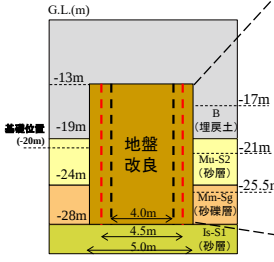


図-2 試験施工断面図

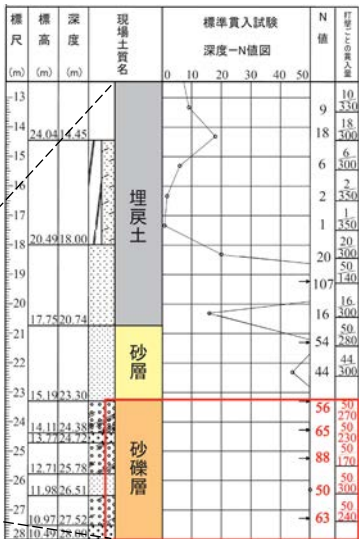


図-3 土質柱状図

2.2 確認項目

確認項目として、改良体の範囲及び改良径の確認については、熱電対による温度計測及びボーリングコア採取を行った。また、物性試験として、表-3に示す各種試験を実施した。

表-1 各土層の土質試験結果

試験項目	土層区分		
	B(埋戻土) G.L.±1.1m	Mu-S2(砂層) G.L.±2.0m	Mm-Sg(砂礫層) G.L.±2.5m
土粒子密度ps(g/cm³)	2.673	2.673	2.705
自然含水比w _n (%)	22.4	23.5	5.4
粒径(2～75mm)(%)	1.5	0	52.7
砂分(0.075～2mm)(%)	77.1	92.5	43.8
シルト分(0.005～0.075mm)(%)	14.2	6.3	3.1
粘土分(0.005mm未満)(%)	7.2	1.2	0.4
最大粒径(mm)	9.5	2	53
均等係数U _c	23.2	1.76	30.5
換算N値(平均値)	12.2	46.1	141.5

表-2 施工仕様

項目	B(埋戻土) N≦50	Mu-S2(砂層) 50<N≦100	Mm-Sg(砂礫層) 100≦N<150
超高压噴射			
噴射圧力(Mpa)	33～37	38～42	38～42
単位噴射量(ℓ/分)	290×2方向	310×2方向	310×2方向
引上げ時間(分/分)	26	26	52
引上げ時間(分/分)再噴射	6	6	6

表-3 確認項目

改良範囲の確認	熱電対、ボーリングコア
物性試験	一軸圧縮試験(JGS 2521-2009)、三軸(UU)圧縮試験(JGS 2531-2009) 動的変形試験(JGS 0542-2009)、引張試験(JGS 2551-2009)、PS検閲(JGS 1122-2012)

キーワード 原子力施設、高圧噴射攪拌工法、試験施工、大口改良体、大深度、硬質地盤

連絡先 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4 日本原子力研究開発機構

3. 試験施工結果

3.1 熱電対による改良径の確認

熱電対の計測では、施工時及び施工後のセメントの水和反応熱による温度変化に基づいて改良径を確認した。熱電対の設置位置は図-4に示す。図-5より、φ4.0mおよびφ4.5m位置に設置した各層のすべての観測点で造成開始時に急激な温度上昇がみられた。しかしながら、φ5.0m位置では一部の観測点でのみ固化材の到達が確認された。造成時に温度変化のないφ5.0mの箇所について造成を確認するため、各層の熱電対位置で定位置噴射を行ったが、温度上昇は認められなかった。したがって、試験施工で造成された改良径はφ4.5mである。

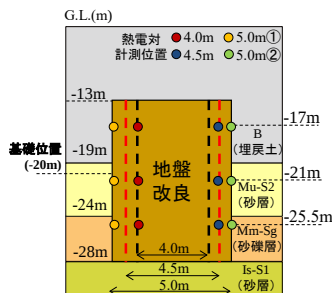


図-4 熱電対設置位置

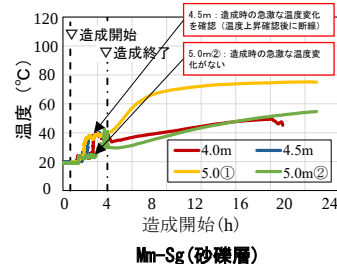
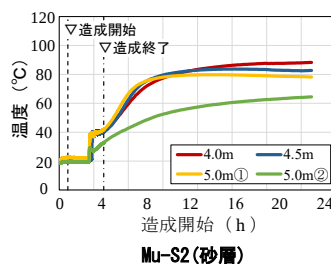
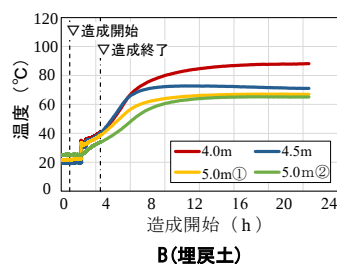


図-5 熱電対計測結果

3.2 コア採取による改良範囲の確認

ボーリングコアは改良体中心位置から 0.25D (D=5.0m) と熱電対で造成が確認された φ4.5m から採取した(図-6)。φ4.5m 位置から採取した各層のボーリングコア写真を図-7に示す。コアは礫が多い範囲を含めた全深度において連続的に採取ができており、改良範囲全深度の目視確認等から対象層は改良されている。

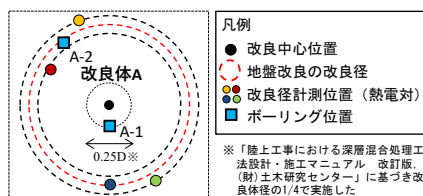


図-6 ボーリングコア採取位置

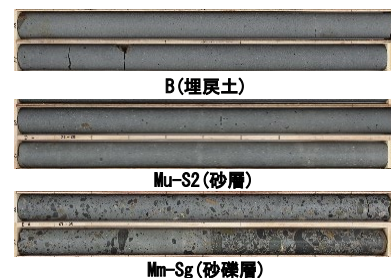


図-7 A-2 孔ボーリングコア

3.3 改良体の物性値設定

試験施工では、室内配合試験により定めた目標強度(改良対象地層から採取した土質試料に地盤改良と同配合の材料を混合し設定)が現地で確保できることを確認するため、改良体のコアを用いた室内試験を実施し、室内配合試験結果と造成改良体の強度特性の比較を行った。図-8より、改良体の強度特性は設定した強度特性を上回っていることを確認した。

4. まとめ

- (1) N 値 50 以上の硬い砂礫層を含む改良対象層(改良範囲：G.L.-28m～G.L.-13m)に対して確実に改良ができることを確認した。
- (2) φ4.5m が確実に施工できることを確認した。
- (3) 改良体の物性値については、室内配合試験により定めた目標強度が現地の改良体から得られることを確認した。

今後、試験結果の施工仕様等に基づき本施工を実施する予定である。

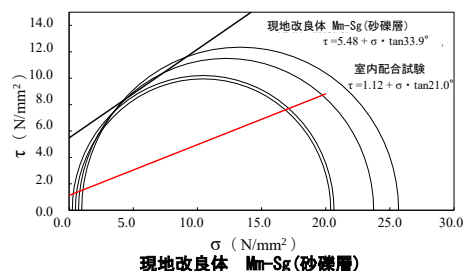
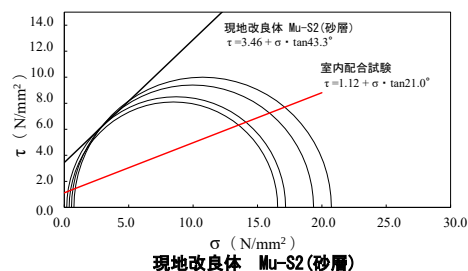
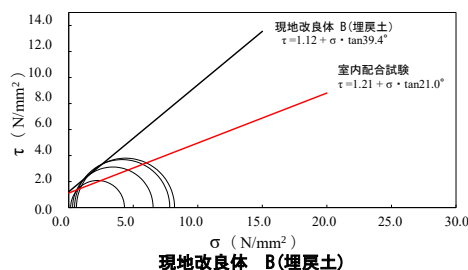


図-8 強度特性(粘着力, 内部摩擦角)