

GROUND IMPROVEMENT FOR THE CONSTRUCTION OF J-PARC NEUTRINO FACILITY AND OBSERVATION OF GROUND SETTLEMENTS

Masahide Takahashi^{1,A)}, Osamu Hirumuta^{A)}, Kazunobu Matsumoto^{B)}, Yosiyuki Hirata^{A)},
Hiroshi Yamamoto^{A)}, Masanobu Miyahara^{C)}

^{A)} KEK work office, Tobishima Corporation

2-4 Sirakatasirane, Tokai-mura, Ibaraki, 319-1106

^{B)} Tobishima Corporation, Research Institute of Technology

5472 Kimagase, Noda-shi, Chiba, 270-0222

^{C)} High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801

Abstract

In the construction works of the Decay Volume (down-stream part) of J-PARC neutrino facility, we were responsible for constructing a structure that provides the Decay pipe and the beam dump, which would be composed of concrete of approximately 6m thick to serve as the radiation shield. Because the thickness of concrete member for the Decay Volume is high, there is concern that the foundation would subside due to the high load magnitude imposed by the structure. In the original design, replacement of gravel / silt viscos soil layer in between the bottom of excavation and the bedrock by concrete base foundation were arranged. However, during the actual construction, we suggested a technology that enables ground improvement (power blender construction method) by effectively achieving reduction of cost, quality assurance and shortening of construction period. And it was applied. In this paper, execution of the ground improvement method for the construction work of the Decay Volume at downstream and the results of measuring the subsidence of the structure is reported.

J-PARCニュートリノ実験施設建設工事における 地盤改良工法と沈下計測

1. はじめに

J-PARCニュートリノ実験施設におけるディケイボリューム（下流部）の土木工事は、図-1に示すように、ディケイパイプとビームダンプを厚さ約6mの放射線遮蔽のためのコンクリートで覆う構造物を築造するものである。

ディケイボリュームは、コンクリートの部材厚が大きく、基礎に対して上載荷重が大きくなることから、構造体の沈下が危惧された。また、上流部と下流部に分割施工され、上流部の基礎は杭基礎であり、下流部では床付けから基盤岩層までの深さが浅いことから、直接基礎である。基礎形式の違いによる沈下から上流部・下流部の施工継ぎ手部で中折れする懸念もあった。

コンクリート構造体を含めたディケイボリューム全体がひとつの実験装置となるため、下流部での沈下量は最小限にとどめなければならない。

原設計は、床付けから基盤岩層間の砂礫層・シルト系粘性土層をコンクリート置換え基礎とするものである。本工事では、経済性・品質確保・工期短縮

の面から地盤改良工法（パワーブレンダー工法）¹⁾とする技術提案を行い採用された。パワーブレンダー工法を用いて底版以深を原位置で地盤改良することにより、構造物基礎として改良体を造成するものである。

ここでは、ディケイボリューム（下流部）での地盤改良工の施工報告と、コンクリート構造物の沈下計測結果の報告を行うものである。

2. 技術提案の概要

総合評価落札方式を導入した入札時に、技術提案を行い、以下のメリットを提案した。

①建設コストの縮減

掘削土量・置換コンクリート・土留め支保工の数量減に伴う削減と均しコンクリート・地盤改良工・産業廃棄物の数量増に伴う増額を差し引きしても、コスト縮減の効果がある。

②品質確保

改良体に作用する上載荷重を600kN/m²、設計基準強度を1800 kN/m²とする。サンプリングした土を用

¹ E-mail:masahide_takahashi@tobishima.co.jp

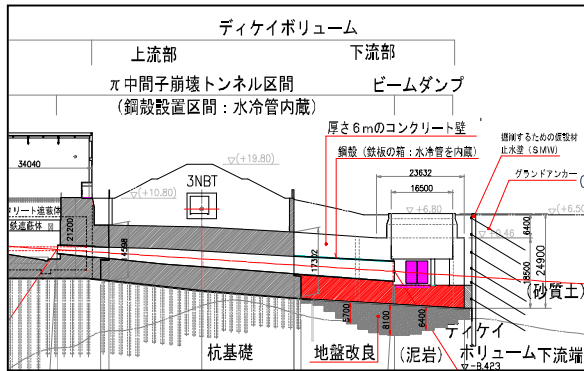


図-1 ディケイボリューム縦断面図

いた室内配合試験により、改良材の添加量・含水比をもとめる。

③工期短縮

底版以深は均しコンクリート厚さのみの掘削となるため土留めアンカー・掘削土量が減少し、土留工・掘削工での工期短縮ができる。

④安全・環境

掘削深度が浅くなり、安全性が向上する。振動・騒音が発生する作業が少なくなる。

施工上配慮する事項として、層別沈下計による沈下量計測等情報化施工もあわせて提案した。

3. 地盤改良工の施工

3.1 パワーブレンダー工法の概要

今回採用したパワーブレンダー工法の適用範囲は、改良深度2~10m程度であり、浅層・中層混合処理工法に区分される。施工方法は、機械式攪拌工法に噴射力を加味した工法である。具体的には、バックホウを改造したベースマシンのアーム先端にトレンチャー式攪拌混合機を装着し、原位置土とトレンチャーの先端に配置した噴出口より改良材スラリーを噴出して鉛直に連続攪拌混合して造成する。トレンチャー式攪拌混合機の詳細を図-2に示す。

施工設備としては、スラリープラント、セメントサイロ、グラウトポンプ、トレンチャー型地盤改良専用機(写真-1)、盛り上り土撤去などを行うバックホウで構成される。

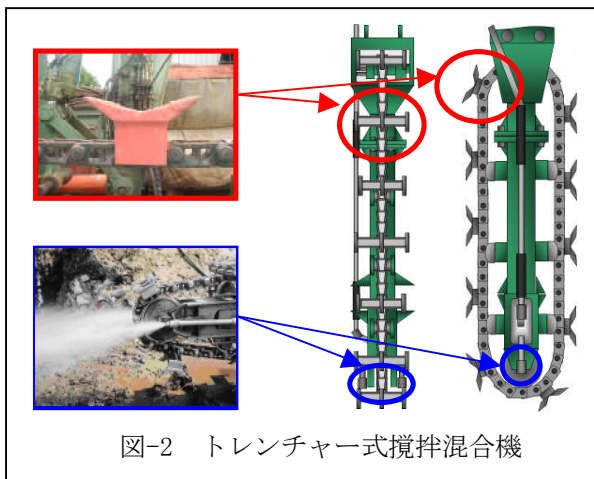


図-2 トレンチャー式攪拌混合機

3.2 土留め壁内での施工

本工事では、最大掘削深度24mの床付け地盤を施工基盤として地盤改良を施工した。今回の施工場所のように大規模土留め壁内での写真-1に示すようなトレンチャー型地盤改良専用機(1.9m³級バックホウ)を用いての施工事例は初めてであった。



写真-1 トレンチャー型地盤改良専用機

3.3 改良深度

改良対象厚は当初4.5m程度を想定していた。施工精度の向上を目的として、事前チェックボーリングを13箇所行ったところ、改良必要深度は0~9.7mであることが判明した。

パワーブレンダー工法では、最大10mまでの改良深度を可能としているが、過去の施工実績の80%は6m以下の施工であり、最大9.7mでの適用事例は少ない。ブロックごとの改良深度分布を図-3に示す。

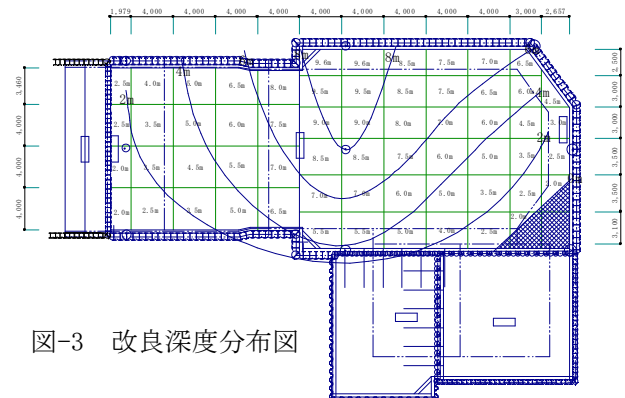


図-3 改良深度分布図

3.4 改良強度

設計基準強度を1800 kN/m²と定め、現場配合強度の低減を考慮して目標とする室内配合強度に基づき配合を求めた。その結果、表-1に示す配合にて施工を実施した。

表-1 パワーブレンダー配合表

改良材	添加量 (kg/m ³)	水セメント比 (%)
ハイハード100 (一般軟弱土用固化材)	345	130

この配合は、通常の構造物に使用するコンクリートよりも単位セメント量が多く、一般的な地盤改良と比較しても非常に高強度であり、稀な事例であった。

9箇所から採取した供試体を用いて一軸圧縮強度試験を実施し、強度確認を行った。試験結果は、室内配合強度の5割増し以上を確保し、設計基準強度1800 KN/m²を十分に上回ることができた。

4. 沈下量計測

4.1 情報化施工

ディケイボリウム（下流部）の施工に伴う構造物の沈下に対し、沈下量の予測解析及び計測を行った。基盤岩は、推定深度GL-27.7m以深の砂質泥岩で、掘削により地盤改良上面で42mmのリバウンド（浮き上がり）が予測された。これに対し構造物構築・埋戻しによるディケイボリウム底版位置の沈下量（◆）は図-4に示すようには22mmと予測された。

4.2 リバウンド量と沈下量の計測

沈下棒を使用した水準測量により、掘削にともなうリバウンドの計測を行った。計測を実施したのは図-5に示す位置である。その結果、図-4に示すようにリバウンド量は5mmであった。この計測結果をもとに、逆解析を行い地盤の変形係数を修正し、再度沈下量の予測解析を行った。躯体完成後の沈下量は21mmと予測され、施工時の沈下量を考慮した上越し量の検討を行った。

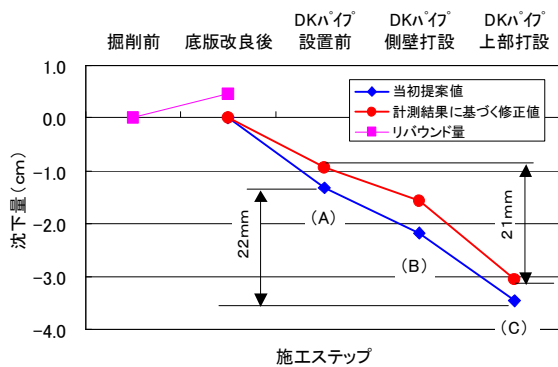


図-4 リバウンド量と施工ステップ毎の沈下予測

構造物施工中には、図-5に示すように、層別沈下計による沈下量の計測を2地点（1地点につき、改良体の上端・下端2箇所：計4箇所）で実施している。図-6に示すように、2008年7月末現在、埋戻しを90%程度完了した時点での沈下量は最大で-0.1mmである。ディケイボリウムの側壁側は、土留め壁と接していることや、設計上の安全性を確保するため、2次元解析による検討を行ったため、ディケイボリウム端部剛結の影響を考慮していないことなどから、予測よりも大幅に沈下量が抑えられたと推測される。

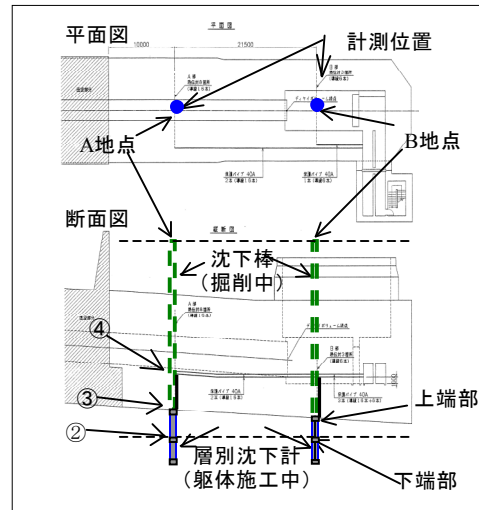


図-5 沈下計測位置図

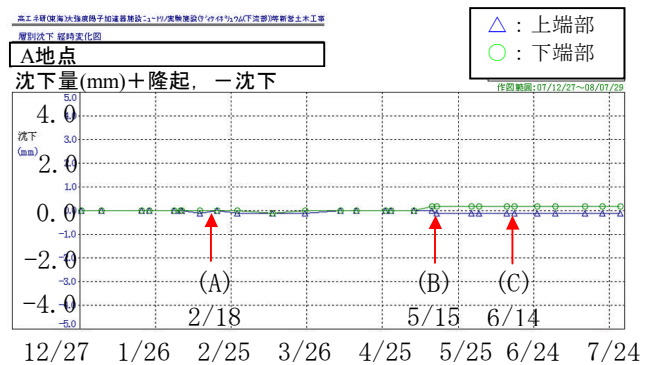


図-6 層別沈下計による沈下量

5. まとめ

ディケイボリウム（下流部）の建設工事は、2008年7月末現在、土木工事（地下構造物工事）をほぼ終了した。今後、2009年4月のニュートリノビーム試験に向け、設備棟の建築・設備工事及び実験機械設置工事が最盛期を迎えようとしているところである。

地盤改良工法（パワーブレンダー工法）を採用し、当初の課題であった沈下量を抑制することができた。また、山留めアンカー・掘削の工程を短縮することにより、土木工事としてニュートリノビーム試験までの工期短縮に貢献した。

6. 謝辞

本工事の実施並びに本報告のまとめにあたって、高エネルギー加速器研究機構（KEK）の吉岡正和教授に多大な助言を頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- [1] パワーブレンダー工法協会：パワーブレンダー工法スラリー噴射方式 技術資料、平成18年度版