

# 土留め壁内での大深度地盤改良へのパワーブレンダー工法の適用

## Application of Power Blender Method for Deep Foundation Improvement in Earth Retaining Walls

平田 嘉之<sup>\*1</sup> 宮原 正信<sup>\*2</sup> 蛭牟田 修<sup>\*3</sup> 今村 隆史<sup>\*4</sup>  
Yoshiyuki Hirata Masanobu Miyahara Osamu Hirumuta Takafumi Imamura  
高橋 昌秀<sup>\*5</sup> 山本 弘<sup>\*4</sup> 濱田 良幸<sup>\*6</sup>  
Masahide Takahashi Hiroshi Yamamoto Yoshiyuki Hamada

### 【要旨】

高エネ研（東海）大強度陽子加速器施設ニュートリノ実験施設（ディケイボリウム（下流部））等新営土木工事における構造物構築にあたり、地盤の支持力不足の課題解決のために、地盤改良工（パワーブレンダー工法）を採用した。その結果、土留め壁内の施工でしかも改良深度が深く改良強度が大きい地盤改良において、要求する工程、品質を確保し安全に施工できた。

本工事における施工条件と仕様に関する特徴、施工状況および品質確認について報告する。

【キーワード】 土留め壁内 改良深度 改良強度 安全管理

### 1. はじめに

実験施設ディケイボリウムの基礎地盤は、 $q = 1,800\text{kN/m}^2$ の地盤支持力を必要とし、当初は、床付け面から基盤岩の泥岩層までの範囲をコンクリートで置換える設計とされていた。

置換え工法では、掘削深度が深くなり、工期とコスト面で課題があったため、置換えコンクリート部分をパワーブレンダー工法により地盤改良するVE提案が採用された。

### 2. 工事概要

- ① 工事名：高エネ研（東海）大強度陽子加速器施設ニュートリノ実験施設（ディケイボリウム（下流部））等新営土木工事
- ② 工事場所：茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4 原研構内
- ③ 発注者：大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
- ④ 工期：平成 19 年 5 月 14 日～平成 21 年 3 月 31 日（うち、地盤改良工：平成 19 年 12 月 11 日～12 月 25 日）
- ⑤ 請負者：飛島建設（株）
- ⑥ 施工数量：生コン 10,667  $\text{m}^3$   
鉄筋 1,223 t  
掘削 22,200  $\text{m}^3$   
グラウト・アンカー 7,530 m  
SMW 4,439  $\text{m}^2$   
（地盤改良工 3,047  $\text{m}^3$ ）

地盤改良の概要を図-1、図-2に示す。

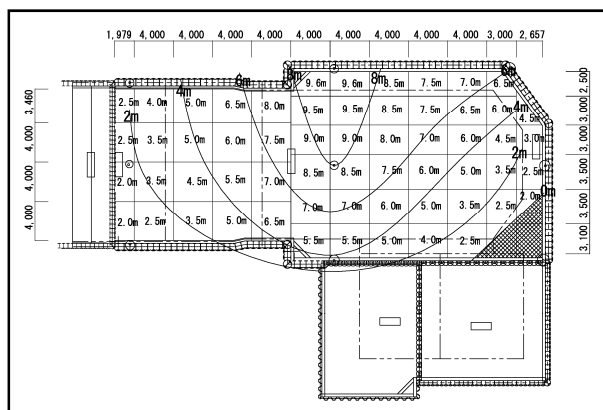


図-1 パワーブレンダー平面図

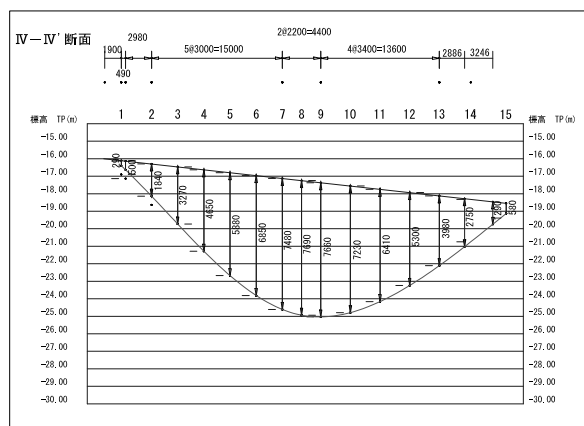


図-2 パワーブレンダー縦断面図（構造物センター）

1. 中日本土木支社 大阪土木事業部 2. 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 3. 土木事業本部 土木技術部  
4. 東日本土木支社 関東土木事業部 5. 社長室 人事部 6. (株) 加藤建設

施設の下的良好な岩盤面の深さは大きく変化しており、地盤改良の深さは、2m～10m まで変化する。施工は、24m の土留め壁内で行われるため、周囲の土圧を受ける地盤の改良となる。また、地盤改良後、建設した構造物の沈下抑制が求められた。

### 3. 工法概要

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、機械式攪拌工法にスラリー噴射方式を加味した工法である。具体的には、改良型バックホウをベースマシンとしアーム先端に装着されたトレンチャー式攪拌混合機により、原位置土とトレンチャーの先端に配置した噴出口より噴出される改良材スラリーを鉛直に連続攪拌混合して改良体を造成する。トレンチャー式攪拌混合機の詳細を図-3 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、盛り上り土撤去などを行うバックホウで構成される。

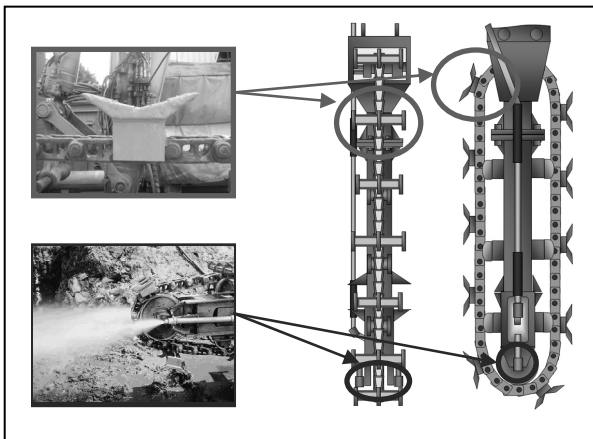


図-3 トレンチャー式攪拌混合機

## 4. パワーブレンダー工法適用における当現場の特異性

### 4.1 土留め壁内での施工

施工場所は、パワーブレンダー工法の施工事例がない

24mの土留め壁内の底盤部である。そのため、写真-1 に示すように、改良重機は地上（土留め壁背面）から 120t および 50t クローラークレーンの 2 台を使用して地盤改良専用機を吊り降ろし、底盤部でトレンチャー式地盤改良専用機の組み立てを行い地盤改良を施工した。

### 4.2 改良深度最大 10m

当初全体的に滑らかに傾斜している基盤を想定していたが、施工場所が那珂川の河口付近であり部分的に凹凸になる溺れ谷状の基盤を 9 本のチェックボーリングにより確認した。その結果、改良必要深度は 0～9.7m であることが判明した（図-4、図-5 参照）。



写真-1 施工重機吊降し状況

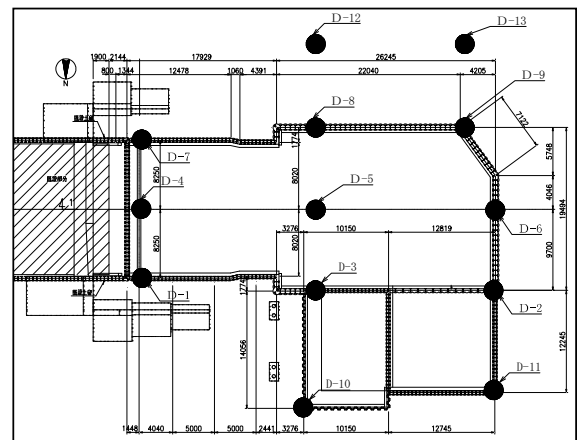


図-4 地質調査位置図

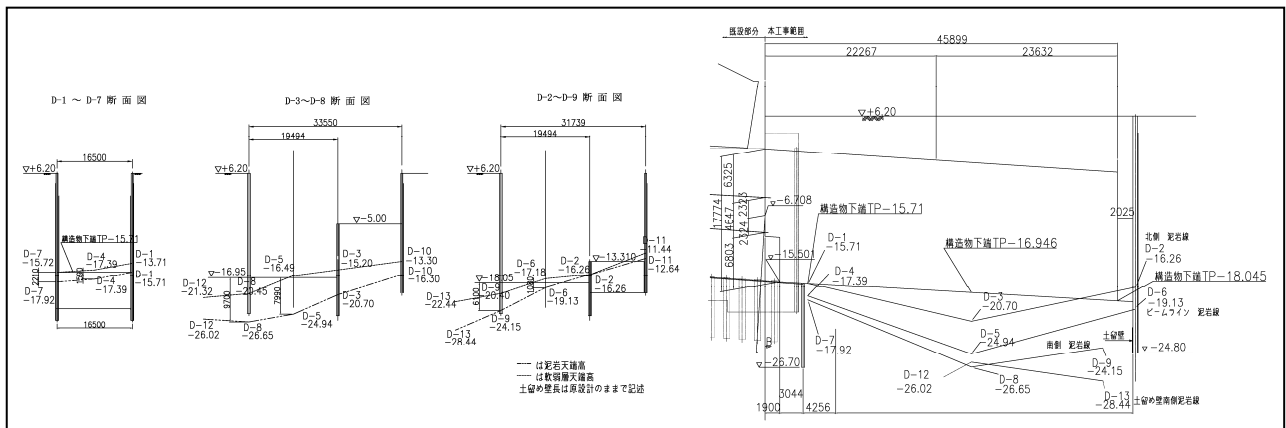


図-5 地質調査結果

### 4.3 設計改良強度 $q_{28}=1,800\text{kN/m}^2$

当該工事において、求められる改良後の強度は一軸圧縮強度  $q_{28}=1,800\text{kN/m}^2$ であった。現場養生後の強度を所定の値まで確保するために、室内配合試験を事前に実施した。室内配合試験では安全率（室内/現場）=2.5とし、 $q=4,500\text{kN/m}^2$ を確保する配合とした。

表-1にパワーブレンダー工の配合表を、写真-2に施工状況を示す。

表-1 パワーブレンダー工配合表（単位：kg/m<sup>3</sup>）

水	改良材（ハイハード100）
448.5	345



写真-2 施工状況

### 4.4 土留め壁近傍の改良

当該工事では、土留め壁内の受働地盤の改良を行うが、施工時にトレンチャーによって一時的に地盤を緩めることになる。工法協会の文献をはじめ、本工法でのこのような場合の地盤の取扱いについて述べられているものはない。一般に、地盤改良工法において、当該工事のような土留めの受働地盤を改良する場合、どの程度強度を期待してよいか定量的な見解は明らかにされていない。

土留め壁近傍の施工開始時点から原地盤と同程度の強度が発現するまでの期間は、改良した部分的な箇所において土留め壁の安定性が設計条件を満足しない状態となる。したがって、施工箇所を分割し施工順序と施工時期を検討し、仮設土留め構造を動態観測することにより安全性を確認しながら施工する必要があった。

施工順序は、工程が許容する範囲で、土留め壁面の受働地盤を連続して緩めることがないように工夫した（図-6）。

また、改良厚さが最も厚い施工箇所前面の土留めについて、7段グラウンドアンカーのうち最下段アンカー3箇所（位置を図-6に示す）で軸力計を設置し計測施工を

行った。図-7にグラウンドアンカー軸力計測結果を示す。

3箇所のグラウンドアンカーの軸力増加量は、いずれも床付け時点（12月22日）の軸力に対して10%程度の増加に収まり、設計軸力（658kN）を超えることはなかった。

仮設土留め構造の安定性および周辺地盤に危険な兆候はまったく生じなかった。

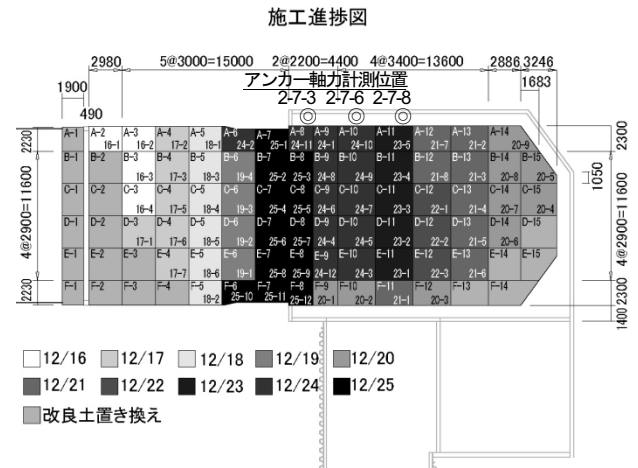


図-6 パワーブレンダー施工順序図

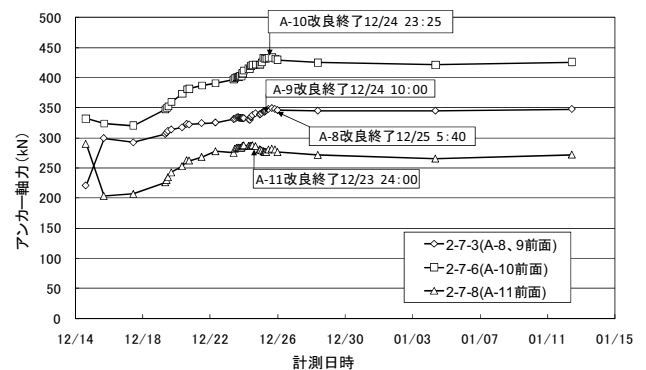


図-7 グラウンドアンカー軸力計測結果

## 5. 品質確認

### 5.1 強度試験

9箇所（平面位置で3箇所、深度方向に各3箇所）から採取した供試体で強度試験を実施した結果、現場改良強度は2,470~3,460kN/m<sup>2</sup>であり、必要な強度1,800kN/m<sup>2</sup>は十分に確保できた。

### 5.2 沈下計測

当該工事ではディケイボリューム下流部の躯体を完成させ、埋め戻しを終えた後の沈下抑制が品質要求事項であった。当作業所では掘削時の応力開放によるリバウンド量を計測し、そのリバウンド量を基礎資料として工事完成後の沈下量を予測した。図-8に沈下量計測位置図を、図-9に沈下量計測結果を示す。

沈下量は、高エネルギー加速器研究機構の要求沈下量

以内で収束し、十分な施工品質を確保することができた。

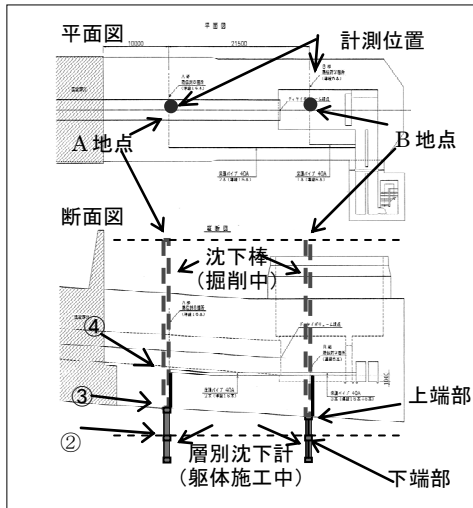


図-8 沈下量計測位置図

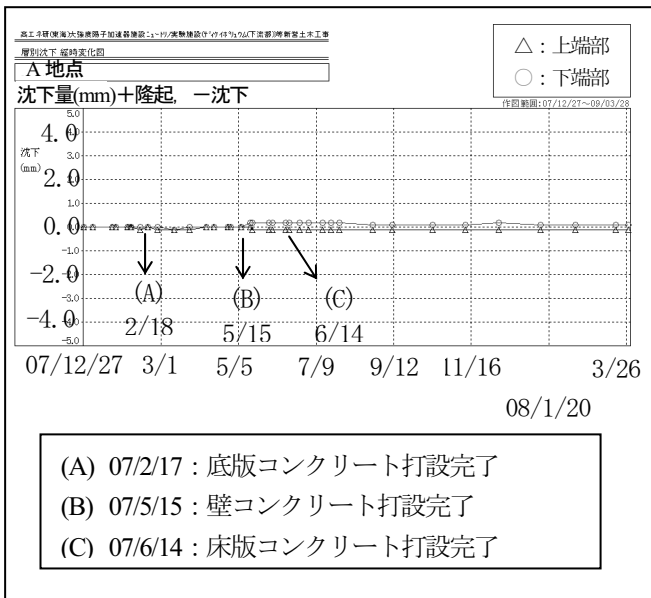


図-9 沈下量計測結果

## 6. まとめ

パワーブレンダー工法により、土留め壁内の施工でしかも改良深度が深く改良強度が大きい地盤改良において、要求する工程、品質を確保し安全に施工できた。

以下に、ここで得られた知見をまとめる。

- 1) 事前調査を詳細にかつ確実にを行ったため現地状況を正確に把握できた。したがって、施工開始前の想定から改良深度に大幅な変更がなく、また要求する品質が確保された。
- 2) 仮設土留め計算では、背面地盤上に上載荷重を設定していたが、改良施工個所の背面地盤上に機械等を配置しないよう配慮した施工を行った。よって土留め壁の安定性を保ち安全に施工できたと考えられる。
- 3) 工程が許容する範囲で施工順序を工夫し、土留め壁面の受働地盤を連続して緩めることがないようにすることができた。
- 4) 土留めアンカーの軸力計測の結果、軸力の増加は10%程度であり、土留め構造の安定性を確保することができた。
- 5) 改良地盤の沈下計測を行いながら施工することで、沈下量は要求沈下量以内で収束し、十分な施工品質を確保することができた。

本報告の特殊条件下でのパワーブレンダー工法の施工事例が、今後の地盤改良工事の参考になれば幸いである。

**謝辞：**当該工事でのパワーブレンダー工法施工に当たり、高エネルギー加速器研究機構施設部の関係者各位に多大なる御協力を頂きました。ここに、記して感謝の意を表します。

**Summary** Foundation improvement work (power blender method) was applied to resolve issues in insufficient ground bearing capacity occurring in the structure construction of new civil engineering works, such as the Neutrino Experiment Facility and the High Energy Proton Accelerator Facility by High Energy Accelerator Research Organization (Tokai) (Decay Volume (down stream part)). Here we would like to report the construction requirements, characteristics related to specifications, construction conditions and quality confirmation occurring in this project.

**Key Words :** Earth Retaining Wall, Deep Foundation Improvement, Quality Control of Improvement, Safety Control