

パワーブレンダー工法（中層混合処理工法）による地盤改良について

青木 悠士¹

¹奈良県 県土マネジメント部 技術管理課（〒630-8501奈良市登大路町30番地）

奈良県では、天理市杣之内町において世界遺産や国宝、重要文化財などを多く有する本県の強みを活かし、地域活性化を実現する先駆的な拠点として、なら歴史芸術文化村の整備を進めている。本論文は、当該施設の造成事業における地盤改良の工法選定の経緯と、採用したパワーブレンダー工法（中層混合処理工法）の特性を紹介するものとする。

キーワード 地盤改良，工期，造成

1. はじめに

(1) なら歴史芸術文化村の概要

なら歴史芸術文化村とは、一般国道25号と主要地方道天理環状線が交差する天理市杣之内町において、奈良県が整備を進めている文化・芸術・観光振興拠点である。

（図-1）計画区域の周辺には、史実上日本最古の道である「山の辺の道」をはじめ、環濠集落等の豊かな自然、歴史文化資産を有する美しい景観が広がっている。また、国宝・重要文化財の指定を受けている図書を蔵書する天理大学附属天理図書館や、多様な文化財を所蔵する天理大学附属天理参考館も徒歩圏内にあるなど、文化・芸術振興の拠点として相応しい環境を有している。



図-1 位置図

当施設は約2.9haの計画敷地に、文化財修復・展示施設棟、複合棟、農村交流施設棟など、複数の建物を整備イメージ（案）のように建設する予定である。（図-2）



図-2 整備イメージ（案）

2. なら歴史芸術文化村の整備スケジュール

(1) 整備スケジュールについて

当施設は2021年度中のオープンを目指して整備を進めている。これまでに基本計画の策定（2016年）及び造成設計等（2017年）を実施しており、2018年1月より基盤整備にあたる造成工事に着手した。なお、造成工事の工期末は2019年3月であるが、目標である2021年度中の施設オープンを実現するためには、当工事の完了を待たずして、後発工事である建物建設工事へ、2018年9月までに工事区域の部分引渡しを実施する必要があった。

（図-3）

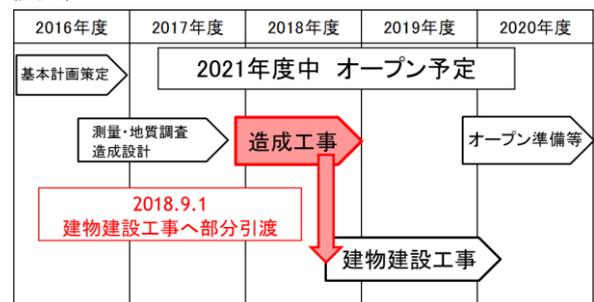


図-3 整備スケジュール

3. 地耐力不足の判明

(1) 造成工事の概要

造成工事の主たる工種は、敷地造成工V=20,000m³、プレキャスト擁壁工L=173m、現場打擁壁工L=87m、調整池工N=4基（V=1,660m³）、鉄筋挿入工N=234本、植生基材吹付工A=530m²である。そして、先述した部分引き渡し範囲は図-4に示す通り、計画敷地の大部分を占めていることから、引渡し期限である2018年9月までに大半の工種を完了する必要がある。（図-4）

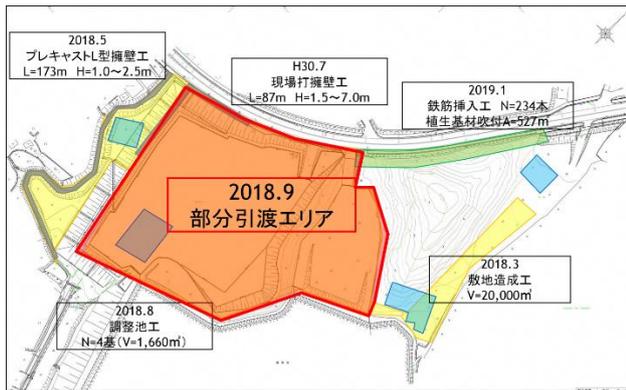


図-4 造成工事の主たる工種と引き渡し範囲

(2) 地耐力不足の判明

建設工事の部分引渡しを5ヶ月後に控えた2018年4月初旬に、現場打ち逆T擁壁の一部及び現場打ちL型擁壁の施工基面において、地耐力不足が判明した。また、地耐力不足が判明した箇所は図-5に示すように、先述した建設工事への部分引渡しエリアに含まれていた。なお、当然ではあるが、地盤改良が完了するまでの間は擁壁工事を再開することが出来ないため、工期の遅延につながる恐れがあった。

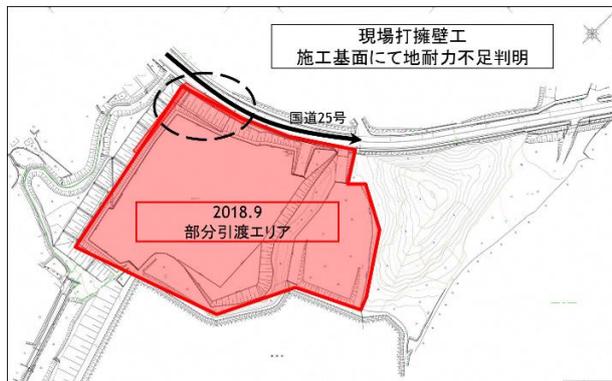


図-5 地耐力不足が判明した箇所

また、L型擁壁の設計地耐力が126kN/m²であるのに対し、現地の地耐力は25kN/m²であり、更に追加でおこなったスウェーデンサンディング試験により、支持層は擁壁の床掘面から深度約7mに位置していることが判明

した。なお、当工事の設計（2(1)で述べた造成設計）に先立ち、計画地内で15本のボーリング調査を含む地質調査を行っていたが、当該地の法止構造物は、計画当初はブロック積擁壁を想定していたため、ジャストポイントでの調査を実施しておらず、近傍地の調査結果から、地質を想定して設計を行った。その後、建築計画の進捗の影響を受け、有効敷地を確保するためL型擁壁に計画変更した。



写真-1 地耐力の確認状況

(3) 施工条件

地耐力不足の解消のため、地盤改良工法を検討することに先立ち、施工条件の整理を行った結果、工期の遵守と前面道路（国道25号）への影響を最小限に抑えることの2点が必要と考えた。

まず工期については、事業目標である2021年度中のオープンを達成するためには、建設工事への部分引渡しは当初の予定通り2018年9月に実施する必要がある。当初擁壁工は3月下旬から7月初旬にかけて行う予定であったが、4月初旬の地耐力不足の判明以後中断している。他の工種を含めて工程を精査した結果、6月中旬から擁壁工の残工事を再開しなければ9月の引き渡しは行えないため、4月初旬から6月初旬の約2ヶ月で地盤改良（設計・契約等の期間を含む）を完了する必要がある。（図-6）

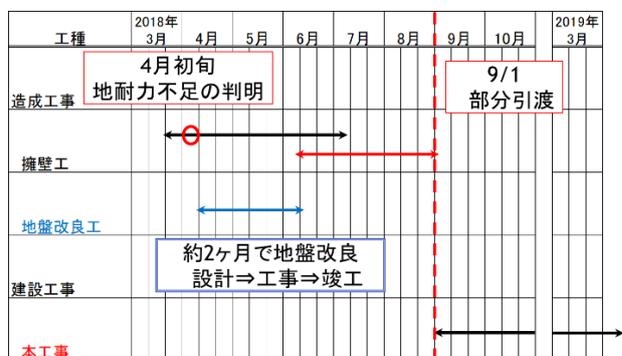


図-6 工程の整理

次に、施工条件の2つ目である、前面道路への影響に

ついて説明する。写真2のとおり、L型擁壁の施工箇所は前面道路（国道25号）に近接していることから、床堀にあたっては仮設土留めを行っている。地盤改良の際は図-5に示す通り改良範囲が道路区域を侵す恐れがあり、既存道路構造物の取り壊し・復旧や、地下埋設物の移設、車両等一般交通の通行規制が必要になる可能性があった。



写真-2 擁壁の床堀状況と前面道路

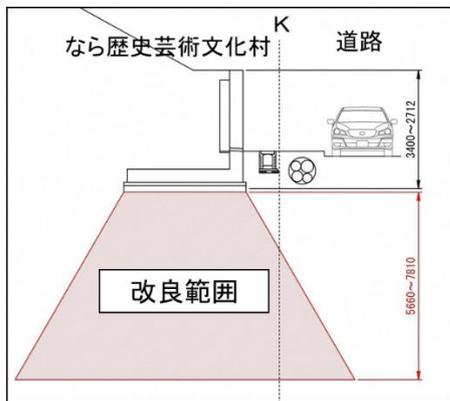


図-7 地盤改良のイメージ図

4. 工法の検討

(1) 工法検討の概要

地盤改良工事の概要と施工条件は以下の通りである。

- ・工事延長 L=45m
- ・施工深度約7m 改良土量V=1,371m³
- ・工期 約1.5ヶ月（設計・契約手続期間等控除）
- ・前面道路への影響について配慮

また、工法比較は以下の5工法で実施した。

- ・置換工法
- ・浅層混合処理工法
- ・杭基礎工法
- ・スラリー攪拌工法（柱状改良）
- ・パワーブレンダー工法（中層混合処理工法）

(2) 置換工法と浅層混合処理工法について

置換工法及び浅層混合処理工法は改良そのものは1ヶ月弱で完了することができるものの、図-8に示す通りそ

れぞれ掘削範囲及び攪拌範囲が道路区域に及ぶため、現実的に期日内の建設工事への部分引渡しは難しいと考えられた。

| | 置換工法 | 浅層混合処理工法 |
|------|--|----------------------|
| 概略図 | | |
| 概要 | 軟弱地盤をバックホウで掘削・除却し、良質材で置き換える | 軟弱地盤と改良材をバックホウで混合・攪拌 |
| 工期 | 30日 | 23日 |
| 施工条件 | 擁壁前面の国道25号を含めた置換えが必要となるため、道路の取り壊し・交通規制が生じる | |

図-8 置換工法・浅層混合処理工法の概要

(3) 杭基礎工法とスラリー攪拌工法について

杭基礎工法及びスラリー攪拌工法は、図-9の概略図の通り、改良体の鉛直施工が可能であることから、前面道路への取り壊し等を回避することが可能である。しかし、前者は杭が受注生産となることが想定されることから、工期の設定が困難であり、建築工事の部分引渡の遅延に繋がる恐れがあった。一方、スラリー攪拌工法（柱状改良）は、施工日数としては約40日必要であり、工期内の施工完了が可能であった。

| | 杭基礎工 | スラリー攪拌工（柱状改良） |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 概略図 | | |
| 概要 | 支持層まで杭を打ち込み、杭の先端支持力によって構造物の荷重を支える | 固化剤スラリーを軟弱地盤に注入し、機械攪拌することで柱状に固化する |
| 工期 | 10日+杭作成日数 | 40日 |
| 施工条件 | 鉛直施工が可能であり、前面道路の取壊し不要 | |

図-9 杭基礎工法・スラリー攪拌工法の概要

(4) パワーブレンダー工法について

パワーブレンダー工法は、スラリー攪拌工法と同じく鉛直施工が可能であり、前面道路の取り壊し等を伴わない施工が可能である。また、工期が7日と圧倒的に短いにもかかわらず、経済性もスラリー攪拌工法より優れていたため、地盤改良工法は当工法に決定した。

| | パワーブレンダー（中層混合処理）工法 |
|------|---|
| 概略図 | |
| 概要 | 特殊攪拌機を装着したバックホウで、軟弱地盤と固化剤スラリーを攪拌混合し固化する |
| 工期 | 7日 |
| 施工条件 | 鉛直施工が可能であり、前面道路の取壊し不要 |

図-10 パワーブレンダー工法の概要

5. パワーブレンダー工法の概要

(1) パワーブレンダー工法の概要

パワーブレンダー工法は、中層（改良深度約13m迄）の軟弱土に対し、セメント系固化剤などの改良材を、トレンチャ式攪拌混合機（バックホウ0.8～1.9m³クラスの改造型ベースマシンのアーム先端に正転・逆転する対象形状の攪拌翼を取り付けたもの）（写真-3）を用いて鉛直方向に機械攪拌混合しながら、連続的に水平移動させることにより、多層地盤であっても連続して均一性の高い改良体の造成を可能とする地盤改良工法である。

また、本工法は鉛直攪拌であることから、施工中の土圧を地表部へ解放させるため周辺地盤への変位が少なく、開削（掘削）を伴わないため地下水位が高くても施工が可能である。加えて低振動・低騒音の技術であることから支障物等との近接施工の適応性がある。なお、改良機械はバックホウ0.8m³クラスの改造型をベースマシンに採用していることから狭い通路や傾斜地、上空制限等の施工条件下でも対応可能であり、高い機動性を有している。



写真-3 トレンチャ式攪拌混合機

なお、施工を実施するための事前調査として、地質調査等により地盤の特性を把握することに加え、採取した資料土による室内配合試験を実施し、改良材の現場配合量と水セメント比を決定する。

ただし、施工実施にあたっては、改良材を作成するためのプラント（写真-4）を場内に設置する必要があり、約100m²のヤードを要することにも留意が必要である。



写真-4 プラント設置状況

本工事では、事前調査を約2週間で終えた後、本格的な施工に着手し、プラントの設置撤去を含め土量V＝1371m³の改良を約10日で完了した。（写真-5）これにより、6月初旬に擁壁工事を再開し、当初予定していたとおり9月に部分引渡しを終えることができた。



写真-5 地盤改良工の完了状況

6. おわりに

今回の工事では厳しい工程のなか、パワーブレンダー工法を活用することで実工期としては約1ヶ月で地盤改良を完了することができた。一般的な置き換え工法と比較すると、工期を20日短縮できたうえに、前面道路の取り壊し・復旧に係る工期の遅延と車両等一般交通の規制を回避できたことから、本工法を選択したことは妥当であったと考える。

なお、本工法の活用事例としては、今回の擁壁基礎の他に補強土壁基礎、道路路体改良、護岸基礎、液状化対策等の実績があることから、今後も多くの土木現場の軟弱地盤対策の課題解決策となることを期待したい。

最後に、本工事の設計・工事にご協力いただいた方々、また現在、引き続き本事業にご尽力いただいている方々、そして工事施工にご理解いただいている地元の皆様に、この場を借りて深く御礼申し上げます。

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（中層混合処理工）技術資料