

# 九州新幹線 熊本総合車両基地の盛土工事の施工

福永初男・島和彦・松岡俊治

九州新幹線の熊本総合車両基地は盛土構造となっており、建設地の地盤は軟弱な粘性土が堆積しているため、圧密促進工法により地盤改良を行うこととした。盛土施工に先立ち、プレロード工法、真空圧密工法の2種類の試験施工を行い各工法の圧密促進の有効性を確認し、実施工では試験施工の結果を踏まえ、着工から約2年の期間で盛土を完了させた。

また、ピット構造物等の基礎杭としてPHC杭を約2,550本施工した。地中に点在した転石によって施工が困難となった杭にはオールケーシング工法を用いて転石を撤去し杭の施工を行った。

本稿では、盛土の試験施工から施工完了までの設計経緯及び結果、PHC杭の転石撤去の施工フロー及び結果について説明する。

キーワード：盛土、圧密促進工法、プレローディング工法、真空圧密工法 PHC杭、オールケーシング、転石

## 1. はじめに

九州新幹線熊本総合車両基地は熊本駅から南方約10 kmに位置し(図-1参照)、広さ約20万m<sup>2</sup>の盛土構造となっている。事前の地質調査結果から盛土により大きな圧密沈下が想定され、長い圧密期間が要するとともに、用地取得協議等の遅れにより、盛土完了まで約2年という厳しい工期が大きな課題であった。また、約2,550本に及ぶピット構造物の基礎杭は、地中に点在する転石により掘削不能となり、工程の遅れが大きな課題となった。本稿の前半では、盛土工事の試験施工から施工完了までの設計経緯及び施工結果を、後半では、PHC杭の転石撤去の施工フロー及び施工結果を報告する。



図-1 熊本総合車両基地位置図

## 2. 熊本総合車両基地の概要

熊本総合車両基地は九州新幹線で使用する車両の整備・点検・留置を行う基地として建設中である。また、図-2に示す地質縦断図より、地質条件については厚さ10 m以上にわたって極めて軟弱な粘土層(Ac2U, Ac2L層)が厚く堆積しており、車両基地北から南に向かって徐々に軟弱粘土層が薄くなっている。図-3に車両基地起点側の柱状図及び主な物性値を示す。

熊本総合車両基地は大雨時の浸水被害を避けるために盛土構造となっている。図-4に後述するプレロー

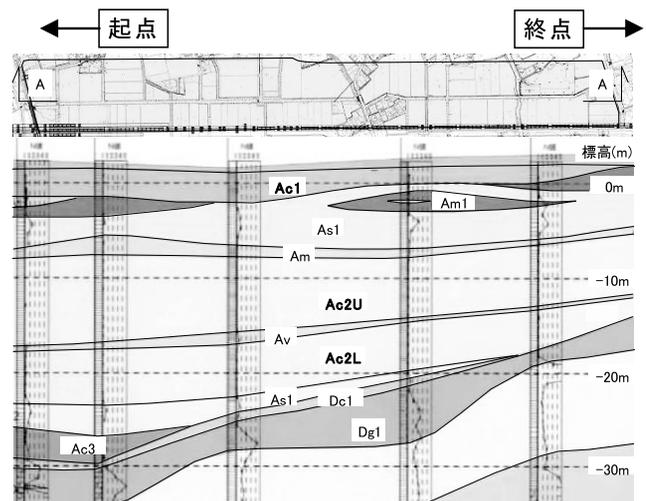


図-2 車両基地地質縦断図

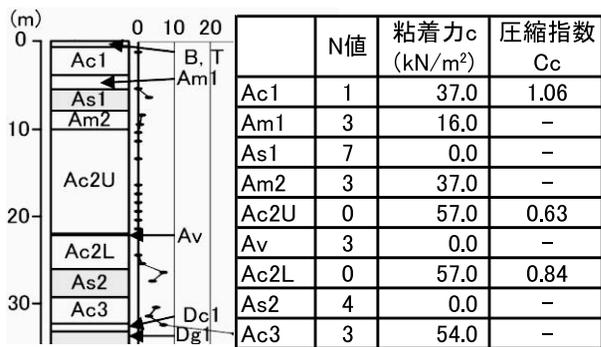


図-3 地質柱状図

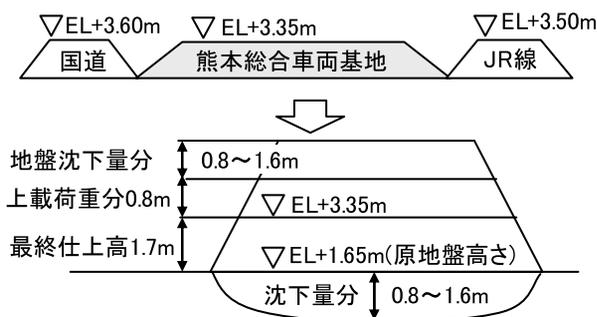


図-4 プレロード盛土模式図

ド盛土の模式図を示す。

### 3. 盛土施工における課題

軟弱地盤上の盛土の設計・施工に当たっては下記の条件を満たすことを前提とした。

- ・盛土開始から圧密完了まで遅くとも6ヶ月以内で施工完了できる工法を選択する。

当現場では盛土施工規模と盛土後の設備関係工事の工程を考慮して、遅くとも盛土開始から圧密完了まで6ヶ月以内で施工できる工法を選択する必要がある。以上をふまえて工事に先立ち試験施工を行い、これら施工条件を検討した。

軟弱地盤対策工としては、圧密促進工法として一般的なプレロード工法を基本とし、急速施工に実績のあった真空圧密工法も採用した。真空圧密工法の概要図を図-5に示す。真空圧密工法は鉛直ドレーンを通して真空ポンプにより地盤の水と空気を排出する工法で、水を直接排出することによる地盤改良効果と、地盤内に真空圧を作用させることによる圧密効果により急速な地盤改良を行うことができる工法である。本工事においては改良する粘土層の上方の砂層を通して水を引き込む恐れがあったため、砂層を遮断するように盛土外周に鋼矢板を設置した。なお、軟弱地盤対策工法の選定にあたっては現場周辺では地下水を生活用水

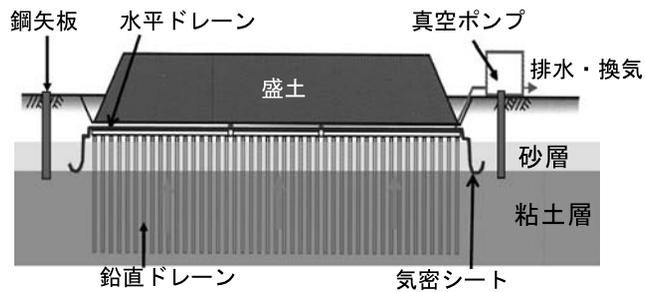


図-5 真空圧密工法概要図

として使用している家屋が多いため、周辺環境に配慮して改良材を用いる深層混合処理工法等は除外した。

### 4. 試験施工

#### (1) 試験盛土概要

先に述べた設計・施工条件を検証するために2種類の試験盛土を実施し、盛土中央部の沈下速度と周辺地盤の変位を計測した(図-6参照)。

- ・試験盛土A…実施工におけるプレロード工法を想定した4mの盛土
- ・試験盛土B…真空圧密工法+3.5mの盛土

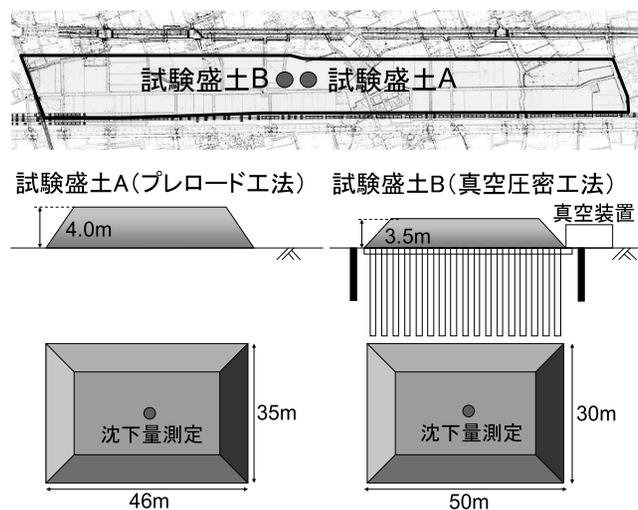


図-6 試験盛土概要図

#### (2) 真空圧密工法の施工

試験盛土Bは真空圧密工法を採用した。施工に先立ち粘土層上層の砂層を通しての水の引き込みを防止するために盛土外周部分に仮締切の鋼矢板を施工する。その後、地中の水と空気の排出を促進させるためのプラスチック樹脂と不織布で構成された鉛直ドレーンを打設する(写真-1)。鉛直ドレーンは柔軟で地盤との追随性が良く、真空圧が作用した地盤中においても通水断面が確保され、高い透水性能が保持できる排水材料である。鉛直ドレーンを通して地表に排出さ



写真一 鉛直ドレーン打設状況 (機械：鉛直ドレーン打設機)

れた水と空気を効率的に排水ポンプに送るため水平ドレーンを布設する。その後、改良領域内の気密性が低下しないよう特殊二重構造のビニールで構成された気密シートを改良地盤の表面を覆うように施工する。気密シート施工完了後、真空駆動装置によって改良領域内に真空圧を作用させる。真空駆動装置は、真空ポンプ、排水ポンプ、圧力計からなる装置で、真空載荷圧を長期間にわたって持続できる性能を有する専用装置である。真空駆動装置(写真一2)は、通常、気密シート下の真空載荷圧(改良域の減圧状況：負圧計2個以上)、改良域の地表面沈下量(気密シート上の沈下量：沈下計2個以上)、排水流量(流量計)及び排水温度(温度計)を持続して計測できる計測管理装置とセットとなっている。これらから得られる計測結果をもとに、真空駆動装置の停止時期の判断や異常の有無を常時監視することができた。

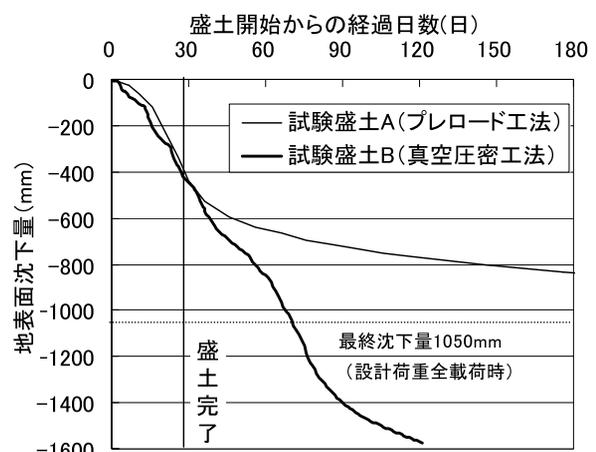


写真二 真空駆動装置

### (3) 圧密沈下量の測定結果

図一7に試験盛土A、試験盛土Bの盛土中央部における地表面沈下量のグラフを示す。本工事において

は、プレロード工法の圧密完了は双曲線法により求めた最終沈下量と測定沈下量の差である残留沈下量を鉄道構造物設計標準・同解説土構造編<sup>1)</sup>に基づき100mm以内(建物部では50mm)に達した時点と設定した。試験盛土Aについては盛土開始から180日時点での沈下量は840mm、双曲線法により計算される最終沈下量(沈下の収束値)が1050mmであった。この時点での残留沈下量は210mmであり、設定工期を満たさないことがわかったため、実施工においては更なる工期短縮が必要な結果となった。試験盛土Bについては真空装置を120日間稼働させている。真空圧密工法の急速な圧密効果により試験開始から約70日目において試験盛土Aの最終沈下量1050mmに達し、十分な施工速度を確認することができた。



図一七 地表面沈下量計測結果 (試験盛土)

### (4) 試験施工結果のまとめ

試験施工結果をまとめると表一1となる。これを踏まえて実施工における工法区分を設定した。

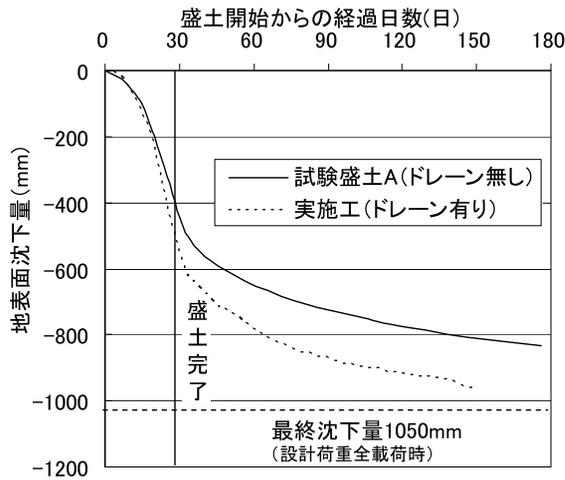
表一1 試験盛土結果のまとめ

	プレロード工法	真空圧密工法
工期(3~6ヶ月)	×(要改良)	○

## 5. 実施工

### (1) プラスチックボードドレーン併用プレロード工法

試験施工結果によりプレロード工法においては圧密速度を向上させる必要があったため、プラスチックボードドレーン(以下ドレーン)を併用することとした。ドレーンは解析により1mの正方ピッチで配置することを基本とし、Ac2L層まで設置することとした。実施工における沈下グラフの例を図一8に示す。なお、グラフには比較のため、試験盛土Aにおける

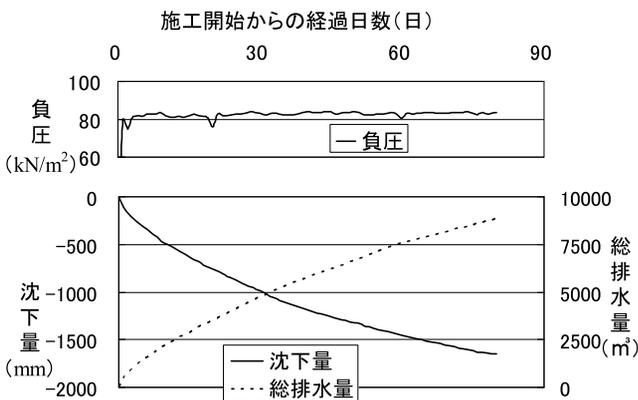


図一八 実施工における沈下計測結果

ドレーン無しの場合のグラフも載せた。この例では、ドレーン有り、無しの場合それぞれの最終沈下量は同じ 1050 mm であった。ドレーン有りの場合は盛土開始から 150 日目における残留沈下量が 100 mm に達し、ドレーン設置期間 1 ヶ月を考慮しても目標工期 6 ヶ月以内を満足することができた。

(2) 真空圧密工法の施工管理

真空圧密工法の施工では沈下計、負圧計、排水量計の 3 つの計測機器を設置して施工を行った。それらの計測データの例を図一 9 に示す。負圧計については施工期間中、常時 70 kN/m<sup>2</sup> 以上の値を確認する。また排水量については正常な施工が行われていれば沈下の進行に伴い排水量が増加することが確認できる。実際の施工管理は沈下量によって行うが、試験施工結果より真空圧密工法は大きな荷重による圧密効果と強制排水効果により沈下の収束傾向が現れにくいことがわかったため、実施工においては真空装置の停止基準を定める必要があった。そこで本工事では隣接するプレロード工法による施工ブロックの最終沈下量を適用



図一 九 真空圧密工法計測データ例

し、残留沈下量が所定の値以内に達した時点で真空装置を停止することとした。当現場においては南北方向の粘土層厚に応じて沈下量が変化するため、上記の方法により合理的な施工管理を行うことができた。

6. PHC 杭施工

(1) PHC 杭施工概要

熊本総合車両基地のピット構造物等の PHC 杭はプレボーリング工法（拡大根固め）となっている。総施工数量約 2,550 本の大量の杭を限られた工期の中で施工する必要があった。施工開始後、GL-30 m 付近での地中障害（転石）の存在により施工が困難となった杭が生じた。直径 500 mm 以上の転石が存在する地層ではプレボーリング工法での施工は困難であるため、転石を別の方法で撤去する必要が生じた。転石の撤去には上記のような地層での施工実績があるオールケーシング工法を採用した。プレボーリング工法での PHC 杭施工では、オーガにて支持層まで掘削を行いその掘削孔に杭を沈設する形で施工される（写真一 3）。掘削段階にて転石等の巨礫に干渉すると掘削自体が不可能な状態に陥ったり、オーガの鉛直度が保てなくなり掘削孔が曲がるなどの不具合が生じる。オーガによる掘削時には、杭打ち機に搭載された電流計にて地層の硬さや変化の傾向を記録している。転石がオーガのスクリーに干渉した際には、電流計の値が他の砂礫層とは異なる波形を示し、スクリー全体が上下に振動することが確認されている。掘削 1 m 当たりを要する時間を目安として転石撤去の要否を決定した。以下にその目安を示す。

掘削 1 m に対して

- ・ 1 分以上経過：注意段階
- ・ 3 分以上経過：危険段階
- ・ 5 分以上経過：転石撤去を行う



写真一 三 PHC 杭沈設状況

この作業は杭施工時に行うため、転石に干渉した場合、オールケーシングによる施工に段取替えする必要がある。これにより杭打設の工程が遅延することが明らかとなった。転石の有無を的確に判断することは、品質や工期及びコストの面からも大変重要である。このため、転石の撤去による工程の遅延を抑えるために、パーカッションボーリングマシンを使用して転石の事前調査を行うこととした。

### (2) 転石チェックボーリング

PHC 杭全施工本数の約 35% の杭について転石チェックボーリングを実施した (写真—4)。ロータリーパーカッションドリルにて削孔を行い、掘進速度に大きな変化が生じた場合に、機械を一時停止し以下の手順にて転石の有無を確認した。

- ・転石を貫通させ、その削孔長さを測定する。転石の長さが 100 mm 以上場合、転石ありと判断する。(プレボーリング工法のオーガによる掘削では、100 mm 以上の厚さでは掘削不能なため)
- ・転石削孔中に発生するスライムを採取し、地質の変化を確認する。

以上の手順に従って 570 本の杭にて転石チェックボーリングを行い、231 本の杭で転石ありと判断され PHC 杭施工に先行して転石の撤去を行った。



写真—4 転石チェックボーリング施工状況  
(機械：ロータリーパーカッションドリル)

### (3) 転石撤去

PHC 杭施工時に掘削不能となった杭や、転石チェックボーリングにて転石ありと判断された杭にはオールケーシング工法により転石の撤去を行った。転石の撤去は全周回転チューピングマシン (写真—5) にて行った。転石チェックボーリングにて確認された深度までケーシングを挿入し、転石をケーシングにて切断・グラブバケットにて排出する。転石の撤去が確認された



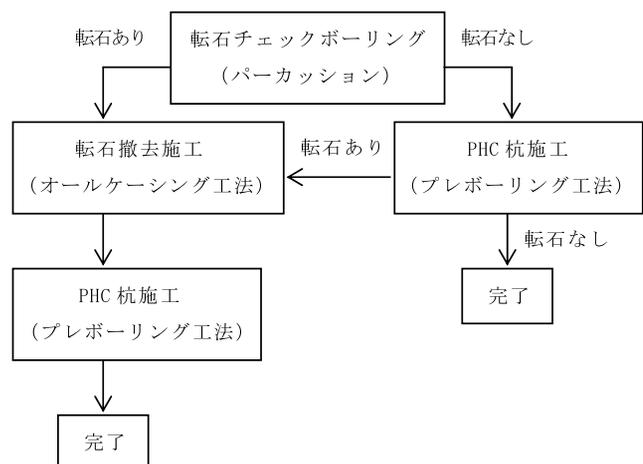
写真—5 転石撤去施工状況 (機械：全周回転チューピングマシン)



写真—6 転石撤去確認

後に (写真—6) 山砂にて掘削孔を埋め戻す。埋め戻し完了後、通常のプレボーリング工法にて PHC 杭の施工を行った。

図—10 の施工フローに従って PHC 杭の施工を行い、転石による障害を除去し、工期内に約 2,550 本の杭を施工完了させた。



図—10 PHC 杭施工フロー

## 7. まとめ

- ・盛土工事は工程が厳しい中、試験施工によりプレロード工法、真空圧密工法の特長や経済性を考慮して工法を使い分けることで工期内に盛土を完了できた。プレロード工法にドレーンを併用することによって工期短縮が可能となったとともに、真空圧密工法により構造物施工箇所の急速施工が可能となった。
- ・PHC杭工事は限られた工期の中、的確な転石の有無の判断を行い転石撤去による工期の遅れを最小限に抑え、約2,550本という大量の杭を工期内に完了させることができた。

本稿が今後の軟弱地盤上の盛土工事、PHC杭工事の施工に寄与することを念願する次第である。

JICMA

### 【筆者紹介】

福永 初男 (ふくなが はつお)  
 (株)鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
 九州新幹線建設局 宇城鉄道建設所



島 和彦 (しま かずひこ)  
 (株)鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
 九州新幹線建設局 宇城鉄道建設所



松岡 俊治 (まつおか としはる)  
 大成・フジタ・三州 九幹鹿、熊本車両基地路盤他特定建設工事共同企業体



### 《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 土構造物，(平成4年10月)
- 2) Iizuka and Ohta (1987)：A determination procedure of input parameters in elasto-viscoplastic finite element analysis, Soils and Foundations, Vol.27, No.3, pp.71-87
- 3) 高真空N & H工法 - 改良型真空圧密工法 - 技術資料，真空圧密技術協会，2004

## 平成22年度版 建設機械等損料表 発売中

### ■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5判 約720ページ

### ■一般価格

7,700円（本体7,334円）

### ■会員価格（官公庁・学校関係含）

6,600円（本体6,286円）

### ■送料（単価） 600円（但し沖縄県を除く日本国内）

注1) 複数冊発注の場合は送料単価を減額します。

注2) 沖縄県の方は(株)沖繩建設弘済会

（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>