

孔壁防護併用場所打ち杭工法に用いる新型シールの性能試験

栗栖 基彰*1・竹田 茂嗣*2・山田 章史*3・山内 真也*4

概 要

大都市圏の鉄道施設改良など、線路に近接した狭隘な箇所において列車運行時間帯での作業を可能とするため、掘削と同時に省スペースで杭の孔壁防護を可能とする場所打ち杭の施工機械を開発した。表層に孔壁崩壊の危険性が高い地盤が存在する駅ホーム下等でのリバース杭（最大径約 3.0m）の施工を想定し、掘削と同時にライナープレートを挿入して孔壁を保護することにより、地盤の大規模な崩壊を防ぐ工法である。ここでは、孔壁を模擬した実大模型試験により、孔壁防護機構の性能を確認したので報告する。

キーワード：孔壁防護・大口径・場所打ち杭・近接施工・裏込め・ライナープレート

PERFORMANCE TEST OF A NEW SEAL FOR CAST-IN-PLACE PILING WITH BOREHOLE WALL PROTECTION

Motoaki KURISU *1, Shigetsugu TAKEDA *2

Tatsushi YAMADA *3, Shinya YAMAUCHI *4

Abstract

A new cast-in-place piling machine was developed, suitable for work during train service hours in a narrow space near a railway track, such as improvement of railway facilities in an urban area. This space-saving machine bores a hole and, at the same time, protects the borehole wall. The development assumed piling by the reverse circulation drill method (maximum diameter is about 3.0 m) under a platform where the ground in the surface layer is prone to cause the borehole wall to collapse. A liner plate is inserted simultaneously with boring, thereby preventing significant collapse of the ground. This paper reports a mock-up test simulating the borehole wall and results of the verification of protection performance.

Keywords: borehole wall protection, large diameter, cast-in-place pile, work near the railway track, backfilling, liner plate

*1 Manager, Foundation/Geotechnical Engineering Group, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

*2 Construction Technology Group, Research and Development Department, Engineering Division

*3 Concrete and PC Group, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

*4 Foundation / Structural Engineering Group, Research and Development Department, Engineering Division

大口径場所打ち杭における掘削同時孔壁防護機構の実証試験

栗栖 基彰*1・竹田 茂嗣*2・山田 章史*3・山内 真也*4

1. はじめに

筆者らは、東日本旅客鉄道（株）、（株）東亜利根ボーリングと共同で、大都市圏の鉄道施設改良など、線路に近接した狭隘な箇所において列車運行時間帯での作業を可能とするため、掘削と同時に省スペースで杭の孔壁防護を可能とする場所打ち杭の施工機械を開発した¹⁾。これまで、駅構内等で線路に近接して場所打ち杭を施工する場合、軌道への影響を考慮して周辺に薬液注入を行うか、もしくはケーシング等で孔壁防護を行う方法が一般的に行われていたが、このような補助工法自体も狭隘で施工時間帯が制約されている駅構内、線路近接では、費用の増大や工期の長期化といった課題があった。そういった中で、費用の軽減、工期短縮のできる効率の良い孔壁防護の設置方法が望まれていた。本工法は、孔壁防護用ライナープレート掘削と同時に沈設させながら、地山との間に特殊グラウト材を充填させることで、安定した孔壁が形成できるので、軌道に近接して大口径の場所打ち杭を施工しても軌道への影響を抑えることができ、列車運行時間帯でも安全な施工が可能となる。

ここでは、この孔壁防護機構を確認するために、孔壁を模擬した大型模型実証試験について報告する。

2. 孔壁防護機構の概要

本工法の孔壁防護機構は、図-1に示すように、表層に孔壁崩壊の危険性が高い地盤が存在

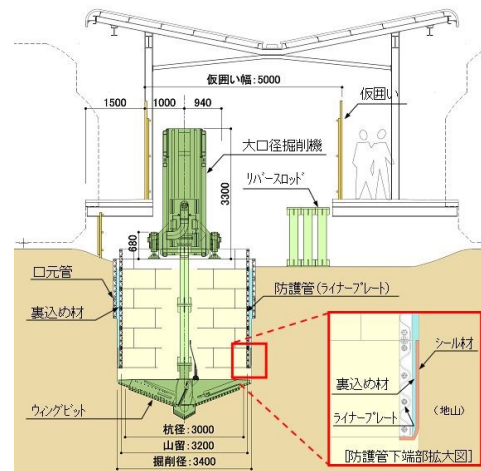


図-1 孔壁防護機構の概要

する駅ホーム下等でのリバース杭（最大径約3.0m）の施工を想定し、掘削と同時にライナープレートを挿入して孔壁を保護することにより、地盤の大規模な崩壊を防ぐ工法で、次の①～③を特徴とする。

- ①掘削と同時にライナープレートを継ぎ足しながら設置する。
- ②ライナープレートと地山の隙間を裏込め材で充填する。
- ③ライナープレート最下部に裏込め保持部材（シール材）を設ける。

ライナープレートは、掘削土留め工に用いる円形のものを使用し、最下段に治具を設置して門型の掘削機上部から吊り下げ、その組立と延長を掘削ビットの下降と並行して行うことで、杭孔の掘削と孔壁防護を同時に行う。掘削ビットは縮径可能で、杭孔内のライナープレートを維持したまま容易にビットを回収できる。

*1 エンジニアリング本部 土木技術部 基礎・地盤グループ グループリーダー

*2 エンジニアリング本部 研究開発部 施工技術グループ

*3 エンジニアリング本部 土木技術部 コンクリート・PCグループ

*4 エンジニアリング本部 研究開発部 基礎・構造グループ

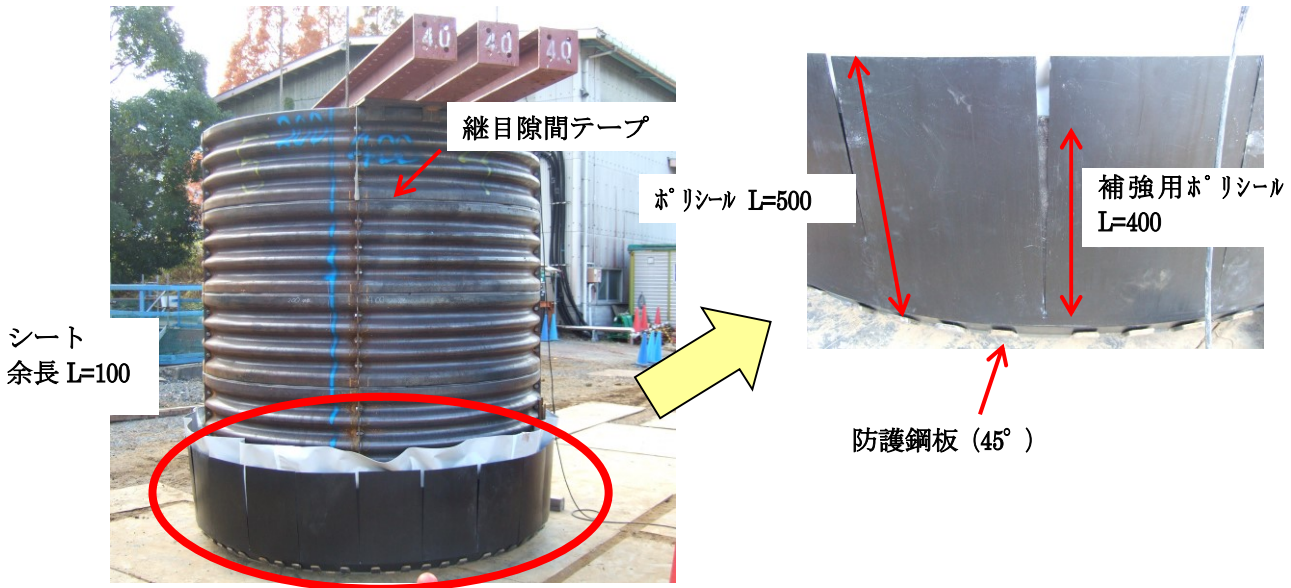


写真-1 シール概要

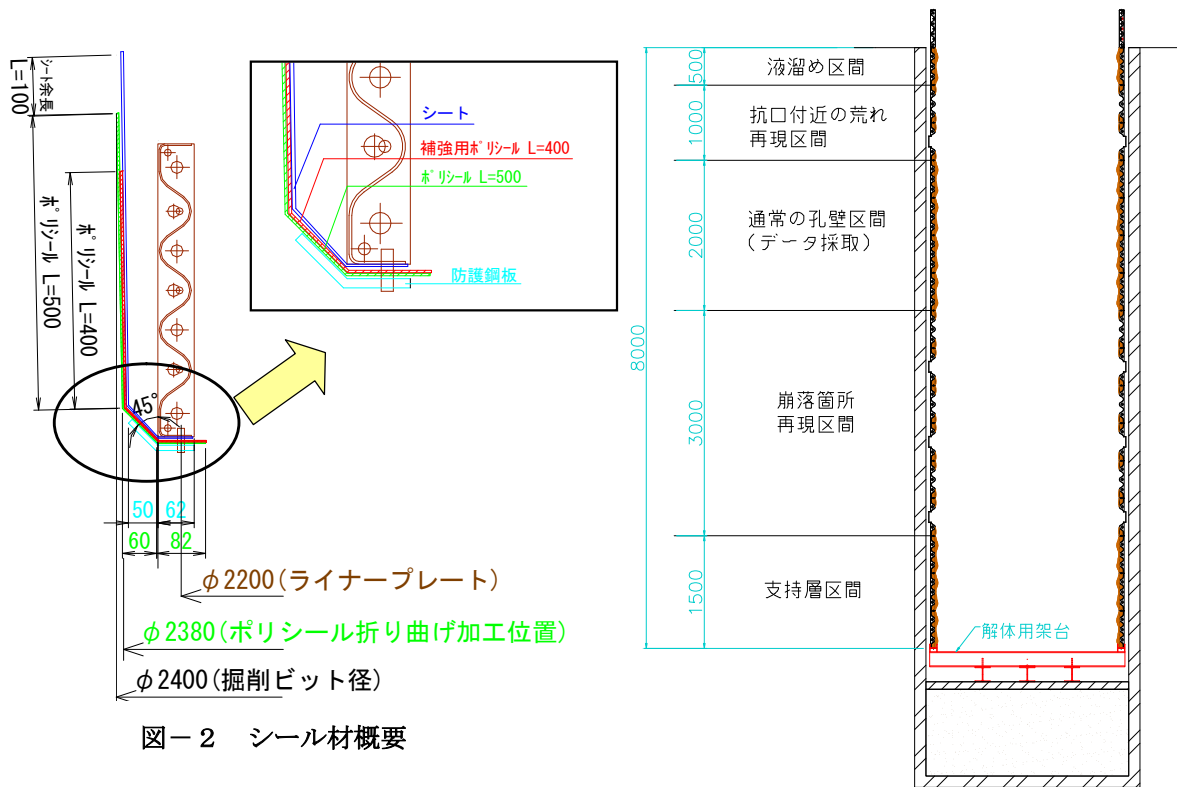


図-2 シール材概要

図-3 模擬孔壁ライナープレートの割付

ライナープレートは自重での沈設を基本とするため、削孔径は防護管の外径より若干大きい径とする必要があり、ライナープレートと地山との間が 50~100mm 程度隙間ができる。ライナープレートのみでも地山の大きな崩壊を防ぐことは可能であるが、小規模な孔壁崩壊・肌落ち等を防ぐため、ライナープレートの設置と同時に裏込め材をその隙間に充填する。ライナープレート内側には通常のリバース工法と同様に泥水を満たす。

ライナープレートの下部には図-2および写真-1に示すように、シール材を設け、裏込め材が掘削泥水の中に漏れないような仕組みとする。シール材はテントに用いる織布とポリエチレンシートの組み合わせで構成する。織布は隙間から裏込め材が漏れるということは無いが面外の変形にはほとんど剛性を持たないため、ポリエチレンシートにより織布の面外剛性を補う。

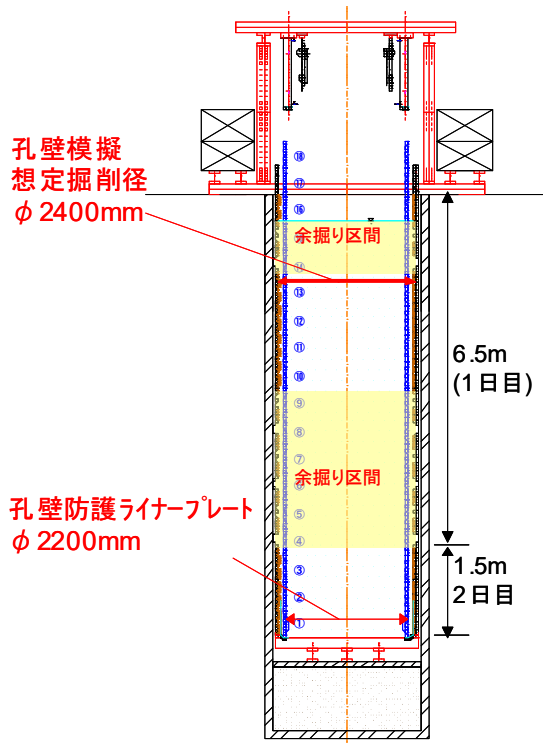


図-4 大型模型実証試験概要

ポリエチレンシートには孔壁の凹凸に追従できるように短冊上のスリットをいれ、強度確保のため二重構造としている。裏込め材は施工と同時に充填が可能で支障物が発見された場合を考慮して2日間は流動性を保ち、硬化後は地山同等以上の強度を有するものが要求された。

3. 大型模型実証試験

本工法の安全性および施工性を確認する目的で、孔壁を模擬した円形の立坑（ $\phi 2700\text{mm}$ ）にて試験を行った。立坑内側に設置した孔壁を模擬したライナープレートの割付は図-3の通りである。溶接金網を取り付けたライナープレート（ $\phi 2400\text{mm}$ ）に固練りのモルタルを押し付け設置することで孔壁の凹凸を再現し、深さ8mの区間に、通常の孔壁や崩落箇所を再現した孔壁などを模擬した。図-4に示すように、この立坑内にシール材を取り付けたライナープレート（ $\phi 2200\text{mm}$ ）を建て込み、裏込め保持機能と漏出状況、沈設の施工性を確認した。ライナープレートと地山の隙間は裏込め材を充填、ライナープレート内側に泥水を満たした状態と

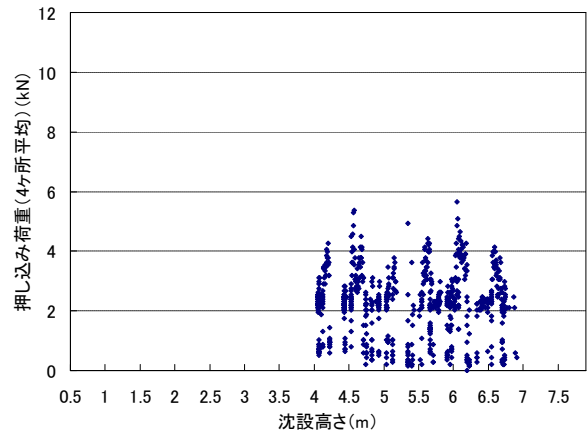


図-5 押し込み荷重と沈設高さの関係

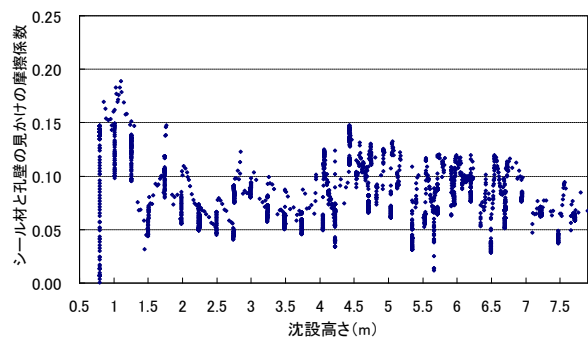


図-6 見かけの摩擦係数と沈設高さの関係

し、ライナープレート外側には土圧計を設置した。施工中のトラブルを想定し、沈設が中断した際の再沈設の確認を行うため、6.5m沈設後、1日程度経過したあとにさらに1.5m沈設した。また、自重での沈設が困難な場合に用いる油圧ジャッキ4台を補助的に準備した。なお、本試験で用いた裏込め材は粘土鉱物にセメントや遅延剤等を配合させたもので、比重は1.13程度、事前試験により数時間放置した場合でも200m圧送可能な流動性を確認している。

4. 試験結果

図-5に押し込み荷重と沈設高さの関係を示す。沈設はすべて自重によって沈下することはできず、沈設高さ4m付近から静止摩擦状態から縁切りするために油圧ジャッキによる押し込み力が必要となり、そのジャッキ反力は最大6kN（4箇所平均値）であった。しかしながら、図-6に示すように、ライナープレートに作用する土圧と吊り下げ荷重とから算出したシール



写真-2 引き上げ後のシール材

材と孔壁の見かけの摩擦係数は最大でも 0.2 程度であり、押し込み力は比較的小さく、容易に押し込むことができた。当初懸念していた裏込め材（比重 1.13）と泥水（比重 1.03）との比重差による脱水により、押し込み力が大きくなるといった現象は見られなかった。約 1 日程度の経過後の再沈設も可能であった。シール材は崩落箇所を想定した孔壁の大きな凹凸部分からごく少量の漏れが発生したが、十分使用に耐える範囲内と判断する。写真-2, 3 に示すように、裏込め材は問題なく充填されており、沈設後シール材に破損は見られなかった。

5. まとめ

線路に近接した狭隘な箇所、列車運行時間帯に施工可能な場所打ち杭工法を開発し、その孔壁防護機能の性能を実大の模型試験で確認した。その結果以下のことがわかった。裏込め材による側圧は、液圧に比較して 10%前後低くなっている。



写真-3 引き上げ後の裏込め材充填状況

- (1) 沈設は、全て自重によって行うことはできないが、小さい押し込み力で実施工でも比較的容易に沈設させることができる。
- (2) 裏込め材と泥水の比重差による脱水により、押し込み力が大きくなるという現象は起きなかった。
- (3) 1 日程度経過した後の最沈設は可能であった。
- (4) 沈設後、シール材に破損はなかった。
- (5) シール材は孔壁の大きな凹凸から少量漏れが発生したが、十分使用に耐える範囲内と判断される。

現在、千葉駅での大口径場所打ち杭において、この工法を採用し、実施工を行っているところである。

参考文献

- 1) 大塚隆人, 高崎秀明, 鈴木啓晋: 線路に近接した大口径場所打ち杭の施工機械の実証試験, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 土木学会, 2010.