

狭隘箇所での杭打ち 工法の開発



藤沢 一*

松浦 和也*

星野 正*

野澤伸一郎*

駅構内の線路と線路の間、あるいはホーム上で建物や人工地盤の基礎を施工するには、その狭隘で低空等な施工条件のため、多大な工事費と長い工期を必要としている。この問題を解決するために、施工機械が比較的小さい既存の杭打ち工法であるBH（Bore Holing）杭工法をベースに狭隘で低空頭な施工条件に適した杭打ち工法の開発をすることにした。このため、BH杭工法の沈下抑制と杭先端支持力の向上を目的として、杭先端に取り付ける先端プレロード機構の改良と拡径ビットの開発を行った。

キーワード：場所打ち杭、BH杭、先端プレロード、拡径

1 はじめに

お客さまに快適な駅空間を提供するために、駅構内の線路上下空間を有効活用する必要性が高まってきている。首都圏などの平地では、地盤表層に軟弱な沖積層が厚く堆積しているため、人工地盤や建物は杭によって支持する必要がある。杭の構築工法には多くの種類があるが、線路と線路の間（以下、線間という）あるいは駅構内の狭隘・低空頭な施工箇所に適した杭工法としては、比較的施工機械の小さい場所打ち杭工法があり、機械高さ約4.5mのTBH杭工法がよく用いられている。しかし、この施工機械も線間やホーム上での施工では、建築限界やホーム屋根に支障する。そのため、施工基面下やホーム下を開削する仮設工事を行い、施工空間を確保してその中から杭の施工をしているのが現状である。この仮設工事に多大な費用と工期を必要としている。以下に、この問題を解決するための新しい杭工法の開発について報告する。

2 駅構内の場所打ち杭の施工状況

ホーム上での杭の施工状況の1例を図1に示す。杭の施工機械がホーム上を占有し、お客さまの流動を阻害している。当社においては、ホームの幅に余裕がない場合は、ホーム下を掘削し、ホーム下に杭の施工機械を設置して施工している。この場合の人工地盤の建設コストの内訳を図2に示す。このような施工方法の場合、杭の施工にかかわる掘削土留工と基礎杭の工事費は全体の約3

5%にも及ぶ場合があり、その内の約6割はホーム下を掘削し、ホームを仮復旧するための費用である。



図1：TBH杭によるホーム上での施工状況



図2：人工地盤の建設コスト内訳

図3にTBH杭工法とBH杭工法の施工機械の大きさを示す。TBH杭工法の施工機械では、ホーム上に設置するとホーム屋根に支障するが、BH杭工法の施工機械で

はその様なことはなく、階段下の空頭の低い箇所でも施工可能であり、BH杭工法が駅構内等の狭隘・低空頭の場所での施工に適していると言える。一方、場所打ち杭の施工状況では、図4に示すように孔内泥水を満たして地盤が崩れないようにしながら削孔ビットで穴を掘削するが、この時、杭の穴の先端は上の土が掘られてその下の土が緩む。特にBH杭工法の場合、孔内泥水の循環が十分でないために、削孔ビットで土をほぐす時に発生する泥が杭の穴の先端にたまり、この地盤の緩みと杭先端にたまる非常にやわらかい泥が杭の支持力を小さくし、沈下を引き起こす原因になっている。このような施工状況を考慮してBH杭の設計支持力は他の場所打ち杭より低く抑えられている。このため、BH杭を人工地盤や建物基礎に広く用いられるようにするには、BH杭の支持性状を改善する新たな機能を付加する必要がある。

3 開発概要

BH杭の支持性状を改善する新たな機能として、先端プレロード場所打ち杭工法に用いられている注入バッグの杭先端地盤の強化機能をBH杭用に改良して活用することとした。先端プレロード場所打ち杭工法は当社の東

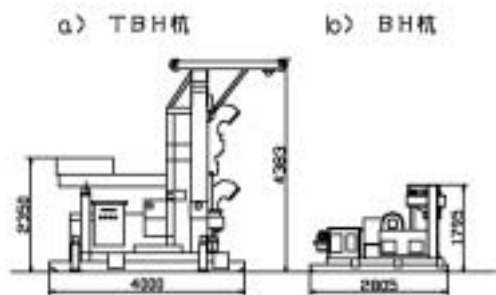


図3：TBH杭とBH杭の施工機械の大きさ

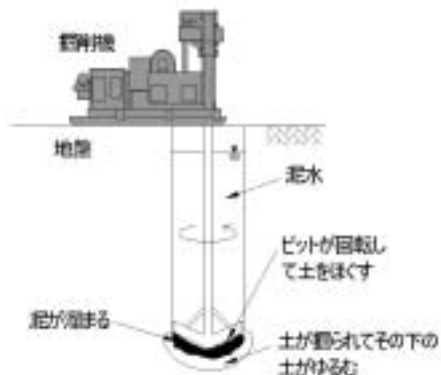


図4：場所打ち杭工法の施工例

京工事事務所等が開発実用化した場所打ち杭工法であり、図5に示すように場所打ち杭の鉄筋かご先端に注入バッグを取り付け、杭コンクリート打設硬化後に注入バッグにセメントミルクを高圧で注入し、杭先端地盤を加圧圧縮して強化する工法である¹⁾。図6にBH杭の沈下抑制、及び支持力向上対策のための改良点を示す。BH杭の特性として、杭先端にスライムが多く堆積する。このため、改良点は、注入バッグの膨脹能力を高めること、スライム排出ホースを排出しやすい形状にすること、設計支持力を向上させるため杭先端部を拡径して杭先端支持面積を大きくすることの3点である。



図5：先端プレロード場所打ち杭

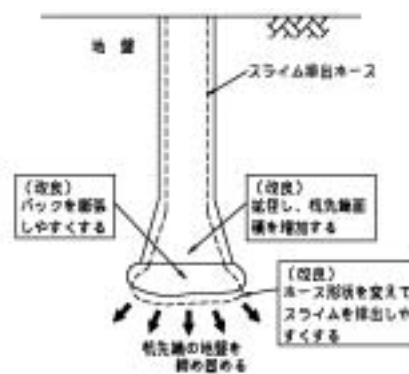


図6：BH杭改良点の概要

4 注入バッグの改良

先端プレロード場所打ち杭に使用している注入バッグは図7に示すように2枚の円形のシート（高密度ナイロン製織物）の外周を縫製してバッグにしている。この形状の場合、注入バッグの縦方向の伸びが十分でない。こ

のため、BH杭用の注入バッグは、図8に示すように、シームレスの筒状織物を折り返して2重構造の注入バッグとした。この形状の場合、縦方向に伸びやすくなり、堆積したスライムを押し出しやすい構造とした。シームレス構造としたことにより、バッグの耐圧上の弱点である縫製箇所がなくなり、また繊維の強度、密度も高めてバッグの耐圧強度を増加させ、破損しにくい注入バッグに改良した。

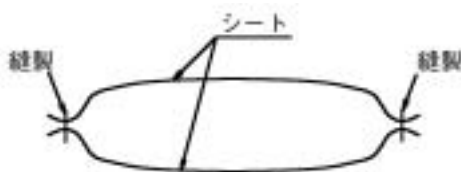


図7：先端プレロード場所打ち杭の注入バッグ

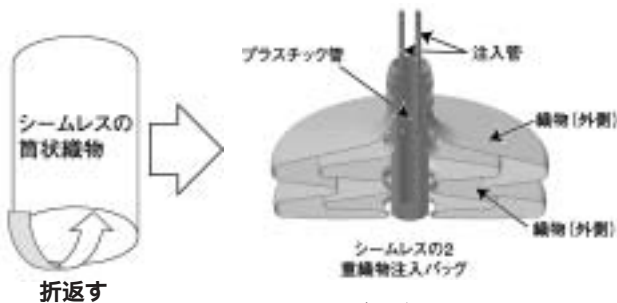


図8：シームレス注入バッグの構造

5 スライム排出ホースの改良

先端プレロード場所打ち杭のスライム排出ホースは、図9の左に示すように杭先端の注入バッグの外側を回して取り付けている。写真に見える部分のホースにはスライムがホースに取り込まれるように穴が開いている。セメントミルクを注入バッグに加圧注入する時に、注入バッグの膨張に伴いスライムがスライム排出ホースの穴を通してホースに入り、そして地上に排出される構造である。ホースの形状を図9の右に示すような形状とし、スライムがより多く取り込まれるようにした。

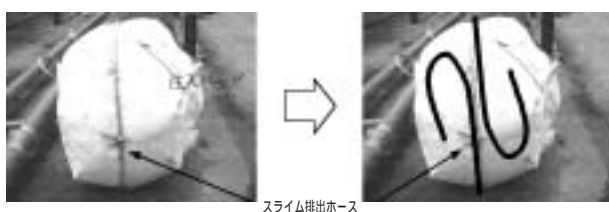


図9：スライム排出ホースの改良

6 杭先端面積の拡大

6.1 拡径動作確認のための試験施工

場所打ち杭において杭の支持力を向上させるために、リバース機、アースドリル機あるいはベント機等において各種の拡底工法が開発されてきている。それらはすべて油圧で拡径するために杭先端部の削孔ビットも施工機械も大型であり、線間やホーム上での施工は困難である。BH杭工法が小型な施工機械であるという長所を活かして拡径機能を持たせるようにするには、人力により拡径できる簡易で小型な装置にする必要がある。そこで、人力により拡径する杭径800mm用の拡径削孔ビットを試作し、動作の確認を目的として施工試験を行った。図10に試作した拡径削孔ビットを示す。BH杭拡径ビットの拡径動作は、まず拡径削孔ビットを吊っているロッド(100mm程度)を90度程度回転させて通常径の削孔状態を解除し、次に二重構造となった外側ロッドを上下移動させ、付随する拡径刃の拡がりにより杭径を拡げる。拡径削孔は、一度通常削孔を行い、その後拡径してビットの引き揚げとともに杭径の拡幅を行う方法である。



図10：拡径削孔ビット

この拡径削孔ビットを用いて、深さ10mの掘削試験を行った。図11に施工箇所の地盤柱状図を示す。地盤表面からG.L.-5m付近までは軟弱な粘性土であり、G.L.-7m～8m付近でN値35のレキ混じり中砂、G.L.-10m付近でN値16程の粘土質シルト及びシルト混じり細砂となっている。

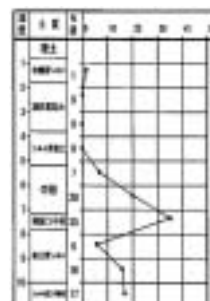


図11：柱状図

掘削は図12に示すように、深さ5mの中間部と先端部10mの2深度で拡径を行った。拡径動作は、杭削孔完了後に超音波による孔壁測定を行い杭径の拡幅状況により確認した。孔壁測定結果を図13に示す。杭孔に対し、任意のX方向とそれに対して直角方向であるY方向の2断面で計測を行った。拡径及び拡径箇所での拡径効果が十分に見られる。しかし、100mmの拡翼を行ったが実際には、最大で350mmまで広がっている箇所が見られる。全体的にはおおむね100mmから200mmの拡幅が確認できた。しかし、孔壁面が斜めに形成されていた。また、拡径削孔ビットを使用した試験施工では、杭全体の半径が100mmほど大きくなる傾向となった、これは、孔壁の角落ち及び杭径の増大は、砂分の多い地盤であったことと、図14に示すように拡径時はビットを引き揚げながらの削孔となるため、先端が自由な状態となり、回転時のビットの横振れが大きくなっていったためと考えられる。そこで2番目の試作機の対策は杭径の増大への影響の大きい横ぶれ対策を行った。この対策として図15に示すような横ぶれを防止するスタビライザー（安定装置）を付ける構造とした。

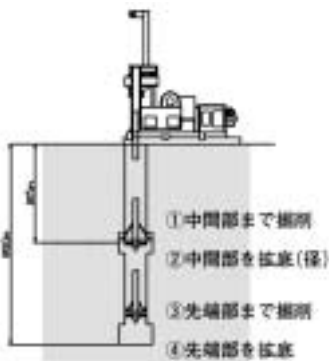


図12：拡径試験施工概要

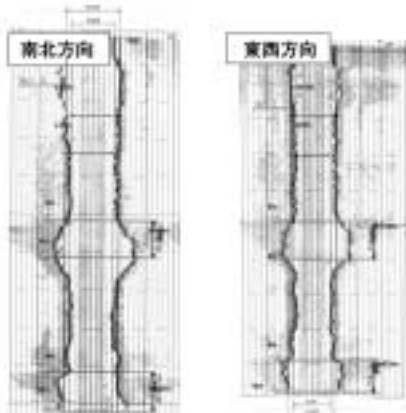


図13：杭孔壁測定結果



図14：横ぶれの状況

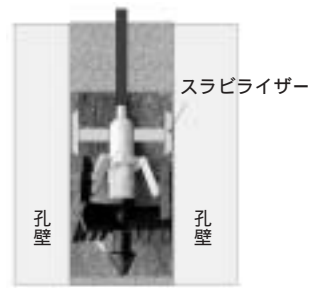


図15：スタビライザー

6.2 拡径削孔ビットの改良

横ぶれ対策を考慮した杭径800mm用の拡径削孔ビットの試作機を図16に示す。スタビライザーには鋼製の筒を用いた。拡径削孔ビットは鋼製の筒から出る構造であり、拡径の動作は図10に示す拡径削孔ビットと同様である。拡径の角度は杭軸に対して約12度である。この角度は、既往の拡径杭の削孔ビットと同じであり、拡径部の孔壁の肌落ちを防ぐために採用されている角度である。拡径により杭先端部の直径は約1,150mmになり、杭先端面積は約2倍になる。



図16：改良した拡径削孔ビット

7 おわりに

狭隘箇所での施工に適した場所打ち杭工法の開発として、既往のBH杭工法に注入バッグによる先端プレロード機能の追加、スライム排出ホースの改良、拡径ビットによる杭先端面積の拡大する機能の追加を行った。この改良により、沈下抑制と支持力の向上が可能となった。今回改良したBH杭工法は、試験杭においてその効果を確認中である。確認後、更に必要な改良を加えて実工事に反映していく予定である。

参考文献

- 1) 松尾伸之, 藤沢一, 森山智明: 先端にプレロードを与えた杭の支持力及び機構について, 土木学会年次学術講演会, 2000.9.