

# 神田川交差部のアンダーピニング

## - 首都高速中央環状新宿線建設工事 -

(財)首都高速道路技術センター 窪田 裕一  
 (財)首都高速道路技術センター 小笠原 政文

### 1 まえがき

現在、建設を進めている首都高速中央環状新宿線（以下新宿線）は、環状6号線（通称山手通り）の地下に、延長約11kmのトンネルを建設している。この路線と神田川が交差する箇所において、パイプーフによるアンダーピニング工法を採用されている。Fig.1に施工位置、Fig.2に断面図を示す。

本箇所は、上方に交差する神田川、下方に営業中の地下鉄大江戸線が近接しており、これらの影響を考慮しながら施工を行った。本報告は、アンダーピニング工法により行った工事について報告する。



Fig.1 施工位置

### 2 パイプーフの施工

パイプーフ工法は、30年以上もの歴史を持つ工法で、カッター付きアースオーガーで掘削しながら鋼管を地中に圧入するものである。

本工事で採用したような開放型のオーガー掘削方式は、例えば密閉型推進方式と比較して、汎用性があり仮設備が簡易なことなどからコストを低減できるという長所がある。本工事の工程上からパイプーフ掘進機は2セットで施工した。パイプーフの掘削では、オーガーの回転速度を13.0rpm、鋼管の圧入速度を10.0cm/分を基準とした。掘削土砂はスクリーオーガーを介して発進立坑側へ排出され、ベルトコンベアにより仮置き場へストックし、まとまった量に達した時点でベッセルにより地上のダンプに移し替えて搬出処分した。測量はオーガーを引き抜き、トランシットとレベルで確認を行い精度の維持につとめた。写真1,2に立坑内での施工状況を示す。

通常、パイプーフ工法の鋼管継手は溶接で施工されるが、溶接継手の場合、全体工程に占める溶接時間の割合が大きいこと、溶接の作業条件が天候などに左右されること等の課題が

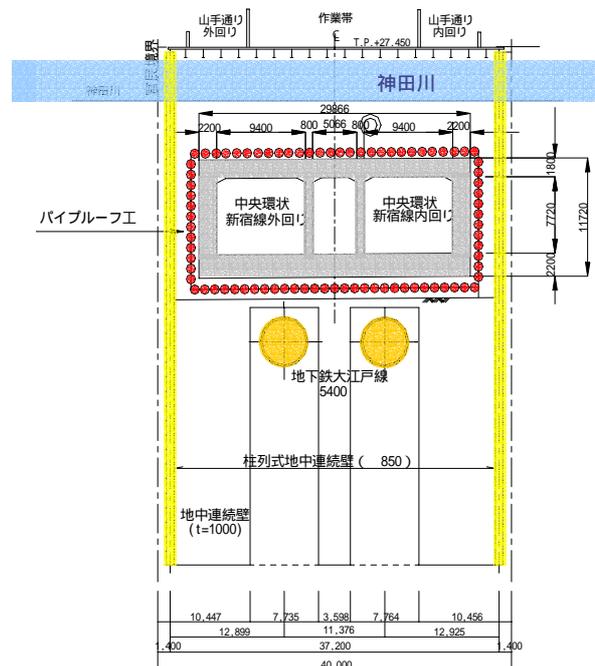


Fig.2 断面図

The Construction of Underpinning; adopted the Tunnel Passing Under the Kanda River  
 - The Construction of the Central Circular Shinjuku Route of Metropolitan Expressway -

Yuichi KUBOTA, Masafumi OGASAWARA

ある。また、両側立坑の上部開口部の大きさに制約があり、投入できる鋼管長さが3.5mに制限され、1サイクルあたり7本の鋼管を溶接しなければならなかった。さらに、設計結果から鋼管厚が22mmと厚いものを使用するため、溶接の工程について不利な状況にあった。そこで、工程を短縮するために異径鋼管を用いた異径式鋼管接着継手工法（Fig.3）が採用されている。

鋼管接着工法の品質管理については、鋼管継手部の隙間の管理および接着剤の強度管理が重要であった。鋼管継手部の隙間管理は、鋼管納入前に全ての管に番号を付け、接着面の隙間を事前に測定した。現場では、円周方向6箇所配置した隙間調整ボルトを使用し調整をおこなった。調整後の隙間については、接着剤確認孔や接着剤注入孔を利用して継手1箇所あたり6箇所の測定を行い管理した。接着剤の注入には専用の3連装カートリッジを使用し、注入圧は専用のコントロールボックスにより空気圧により注入した。注入は鋼管下面より行い、上部確認孔より注入剤がオーバーフローしたことで完了確認した。接着効果の確認は、注入時に採取した硬度測定用サンプルの接着剤の硬さを硬度計で測定することで確認した。規定硬度に達する時間は、夏期で約10分、冬期で約15分であった。

なお、接着剤はアクリル系のものを使用した。接着継手工法の採用については、溶接では2時間程度を必要とするところを約30分にまで短縮することができ、効果があったと判断できる。



写真1 パイルーフ施工状況（上部）

### 3 パイルーフの内部掘削

パイルーフ内の掘削における重要な留意点は、アンダーピニング荷重を速やかに下部パイルーフに伝達することであった。そのため



写真2 パイルーフ施工状況（下部）

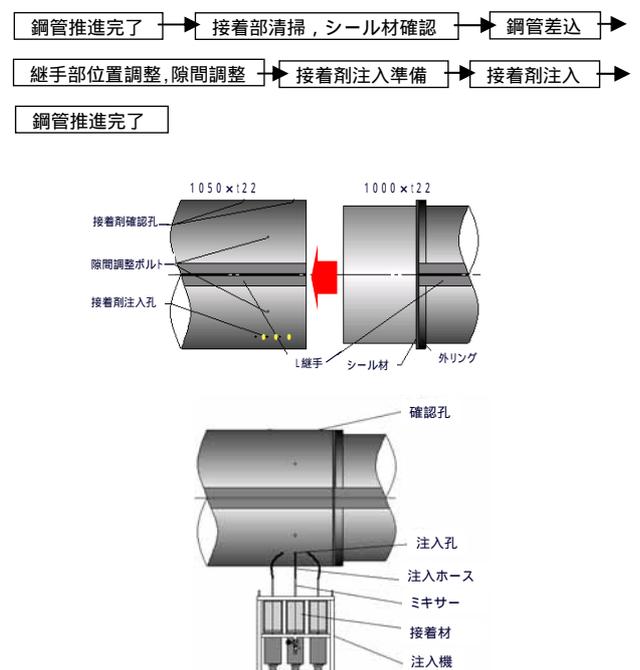


Fig.3 異径鋼管接着継手工法

に掘削範囲を最小限にとどめ、深礎工法により支柱を先行的に設置した。

また、支柱設置前までの上部パイルーフの初期変位を小さくし、ゆるみを抑えるために、掘削勾配を大きくする必要があった。一方、一次掘削範囲の地盤は東京礫層（Tog）であり、上部パイルーフ反力を考慮した斜面安定計算の結果、勾配を30°以下にしても安全率1.0を確保できないことが分かった。また、斜面勾配が緩くなると、上部パイルーフの支持スパンが長くなり許容応力を超過する結果となった。そのため、一次掘削範囲（高さ4.0m）に対して薬液注入工法による地盤改良を実施して、斜面の安定確保とパイルーフ支持スパンの最小化を実現させた。Fig.4に一次掘削2列目支柱施工時の概念図を示す。

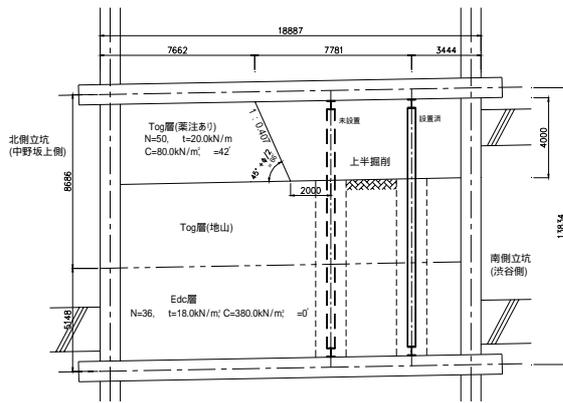


Fig.4 一次掘削時の施工図

パイプルーフ内の施工は、立坑内にステージを設置して掘削作業を開始した。

一次掘削の高さは掘削機械の作業性から4mとし、支柱設置を1列ごとに設置しながら掘削を進めた。一次掘削は約2ヶ月、二次掘削から床付けまでは約3ヶ月を要した。

写真3に2列目の支柱立込み状況を、写真4に掘削状況を示す。また、写真5に支柱、一段切梁、一次掘削完了の状況を示す。



写真3 支柱立込み状況



写真4 パイプルーフ内掘削状況



写真5 支柱、一次切梁、一次掘削完了

Fig.5に上部パイプルーフの支柱設置位置1~2列目における鉛直変位計測結果を示す。横断面での測定位置は中央付近である。これによると一次掘削施工中(すなわち支柱設置施工中)では、各計測点とも鉛直下向き変位が増加している。一方、支柱設置が完了した後の二次掘削~床付けの間中は変位が上向きに転じており、各列とも2mm程度回復している。これは、掘削によるリバウンドの影響であり、上下パイプルーフにより荷重伝達が確実にこなわれたと考えられる。また、図中には骨組み計算で求めた各列の変位予測値を示している。

これによると1,3列目の変位量は予想より小さい結果となっている。変位を小さくできたのは、掘削時にパイプルーフ支持点となる斜面を地盤改良(薬液注入)し、法肩を強化しておいたためであると考えられる。



Fig.5 上部パイプルーフ鉛直変位計測結果

また、掘削部より上方の神田川への影響については、河床の変位計測では沈下がなく、河床コンクリートのひび割れなどの変状が見られなかった。施工上の観点からは、掘削時にパイプルーフジャンクション部からの漏水はほとんどなく、問題なかったと言える。

#### 4 躯体の施工

神田川直下の上床版は、周囲を施工済みのパイプルーフで囲まれた閉塞部にコンクリートを打設する計画となっていた。そのため、締固め不要の高流動コンクリートによる施工を実施した。また、閉塞部のため後から防水が施工できないことから、防水性をもったコンクリートを採用するものとした。これについて、事前に防水性に関する試験を実施し、効果を確認した後に採用した。



写真6 パイプルーフ内コンクリート打設箇所



写真7 コンクリート打設時ポンプ車配置状況

写真6にパイプルーフ内コンクリート打設箇所、写真7にコンクリート打設時ポンプ車配置状況を示す。また、完成後のトンネルを写真8に示す。



写真8 トンネル完成写真

#### 5 まとめ

地下鉄大江戸線および神田川に対する影響に関しては、管理値内の値での施工であったことから当初の目標は達成したと考えられる。

施工上の観点からは、掘削時にパイプルーフジャンクション部からの漏水はほとんどなく順調に工程は進んだと言える。

また、パイプルーフの鋼管接着継手は、注入効果等に問題なく、工程短縮にも貢献できた。パイプルーフ施工では、鋼管圧入時の蛇行および推力超過などの問題発生もあったが、無事に工事を完成することが出来た。このことは、本工事に御指導、御協力していただいた皆様に感謝の意を表します。

#### 「参考文献」

- 1) 並川賢治，大場新哉，栗原敏夫，川端規之：異形式鋼管接着継手を有するパイプルーフ工法，土木学会第57回年次学術講演会，6-271，2002.9
- 2) 並川賢治，蔵治賢太郎，吉田祥二，田代晃一：中央環状新宿線建設工事における神田川のアンダーピニング，基礎工，2007.5
- 3) 並川賢治，蔵治賢太郎，吉田祥二，田代晃一：パイプルーフ工法による神田川のアンダーピニング工事について，土木建設技術シンポジウム，2007.8
- 4) 首都高速道路中央環状新宿線S J 2 2 工区（2 - 1）富ヶ谷出入口トンネルパンフレットP2