

上野広小路地区地下歩行者道および 地下駐車場工事における路下地下連続壁施工報告

A report on the slurry wall construction in the Ueno-Hirokoji underground pedestrian way and parking facility project

藤本 繁¹・伊藤 学²・日高良明³・新川隆夫⁴・今村 崇⁵

Shigeru Fujimoto, Manabu Ito, Yoshiaki Hidaka, Takao Shinkawa and Takashi Imamura

1, 2, 3 東京地下鉄株式会社 工務部改良 工事事務所 (〒110-0015 東京都台東区東上野5-6-3)

4, 5 正会員 鹿島建設株式会社 東京土木支店 (〒110-0015 東京都台東区東上野4-3-6)

E-mail: imamura-t@kajima.com

The construction of underground pedestrian way and parking facility is underway in the Ueno area of Taito-ku, Tokyo. The pedestrian way will connect the Ueno station and Ueno-hirokoji station, improving the safety and convenience of the people living in and visiting this area. The parking facility will have the capacity of 300 vehicles and mitigate the unlawful parking problem caused by the shortage of parking spaces in this area.

After describing the outline of this project, this report focuses on the construction of slurry wall that was performed under the road with heavy traffic. The topics include the technical difficulties due to the soil conditions and the location of the construction site, and the several measures taken to cope with these difficulties.

Key Words : Cut and cover excavation, slurry wall, excavating machine, element layout, enclosed welding, soil mixing wall, ground improvement, underpinning method, pedestrian way, parking facility, subway tunnel

1. はじめに

東京都台東区の上野地区では、歩行者の安全性や利便性の向上と駐車場不足の解消のため、中央通りの道路下に地下歩行者専用道および駐車場を整備する事業が進められている。

地下歩行者専用道は上野駅の既存地下通路と都営地下鉄コンコースを接続し、地区の8駅を接続する地下歩行者ネットワークを形成するものであり、その延長は320mである。また、地下駐車場は約300台の収容台数であり、地区における路上駐車物の減少と道路交通の円滑化に寄与するものと期待されている。

工事概要を表-1に示す。本工事は、この事業の内、中央通りと不忍通りの交差点部に地下歩行者専用道と地下駐車場を合わせて構築するものであり、開削工法により長さ105m、幅約38～58mの

表-1 工事概要

工事名	上野地下歩行者専用道及び上野広小路駐車場建設一工区土木工事
事業者	東京都・台東区
企業者	東京地下鉄株式会社
施工者	鹿島・戸田・勝村建設工事共同企業体
工事場所	東京都台東区上野4丁目地先
工期	2002(H14).12.25～2007(H19).2.24 (予定)

範囲を深さ26.4mまで掘削する。施工は全長を2つに区分して行っており、当工区は上野広小路側の半分を担当している(図-1 全体平面図)。断面形状は東京メトロ銀座線を抱え込む形で地下1階から3階までの構造物を築造し、地下鉄とほぼ同レベルの地下1階が歩行者専用道となり、地下2階が駐車場の入・出庫路部、地下3階が格納庫部となる(図-2 断面図)。

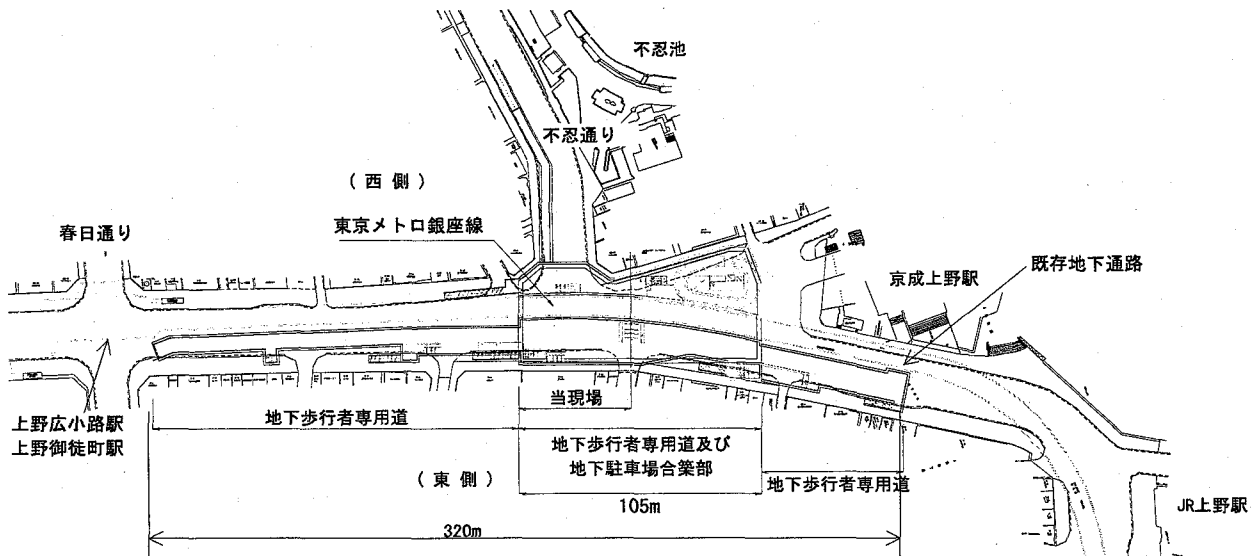


図-1 全体平面図

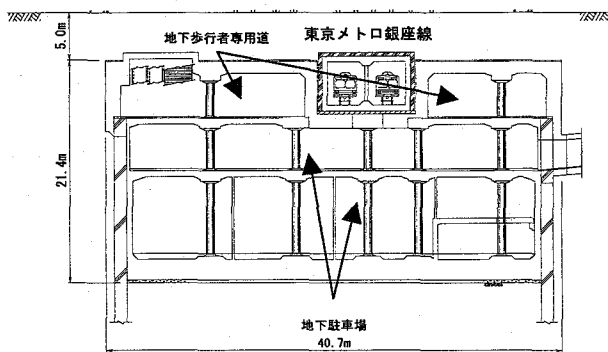


図-2 標準断面図

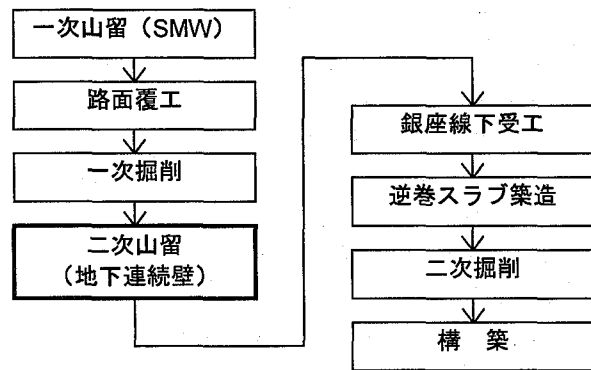


図-3 全体施工フロー

本報告では、当工事において先般施工を完了した路下地下連続壁工について、その施工実績を報告する。

2. 路下地下連続壁の概要

当工事の全体フローを図-3に、掘削工標準断面を図-4に示す。まず、路上にて一次山留 (SMW) を施工した後、一次掘削を行い、路下にて二次山留を施工する。その後、銀座線の下受け、逆巻スラブの築造を行い、二次掘削、構築工へと進む。

今回報告する地下連続壁は、この内の二次山留として施工するものであり、二次掘削を行うための土留壁であるとともに、最終的な躯体の一部として本体利用される設計となっている。

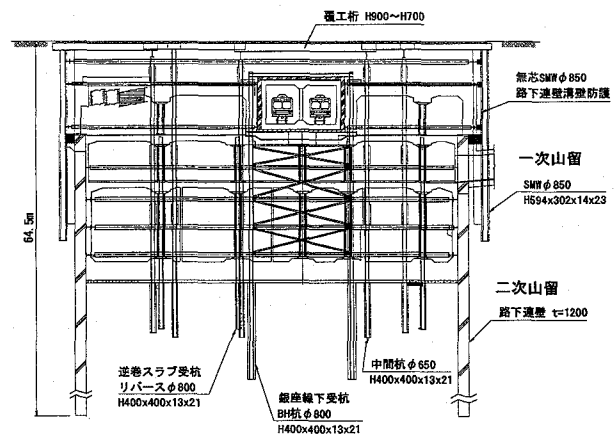


図-4 掘削工標準断面図

(1) 路下地下連続壁の概要

本工事では、厚さ1.2mの連続壁を129mの延長で施工した。連続壁の掘削深さは54.3mである。

エレメント配置図を図-5に、地下連続壁の設計数量一覧を表-2に示す。エレメント長は掘削機の寸法から3.2mを標準とし、エレメント数は先行19、後行15の計34となっている。

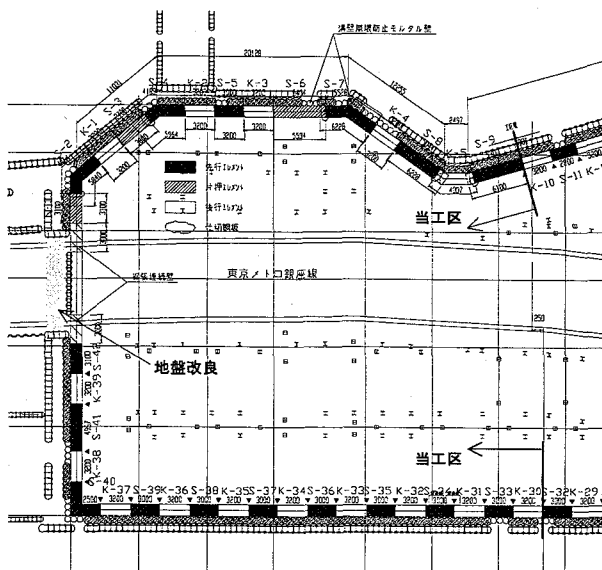


圖-5 路下地下連續壁平面圖

表-2 設計数量一覧 (当工区)

項 目	数量	単位	備 考
壁 厚	1,200	mm	
深 度	54.3	m	AP-3.2~57.5
壁延長	129.14	m	
エレメント数	34	エレメント	先行:19、後行:15
施工面積	7,012.7	m ²	
掘削土量	8,415.8	m ³	
コンクリート数量	8,135.5	m ³	
鉄筋籠重量	739.1	ton	

(2) 環境条件

前述のとおり、今回の地下連続壁は一次掘削を終えた後の路下での施工となった。一次掘削の床付けはGL - 10mであり、構内で吊防護されている地下埋設物などのある箇所では最小空頭6.0mという高さ制限がある。

また、図-5に示すとおり、東京メトロ銀座線が施工範囲を横断しており、施工上、作業スペースが分割・制限されるとともに、銀座線構築下部では地下連続壁に欠損部分が生じることとなる。

(3) 土質条件

土質柱状図を図-6に示す。特徴として、以下の3点が挙げられる。

- ① 地下連続壁を根入れさせる不透水層がAP-55.98mと深い。
- ② AP-23.29~28.09mには砂礫層が介在しており、掘削時の崩壊や溢水が懸念される。
- ③ 地下水は被圧され、水位はAP-8.0となって

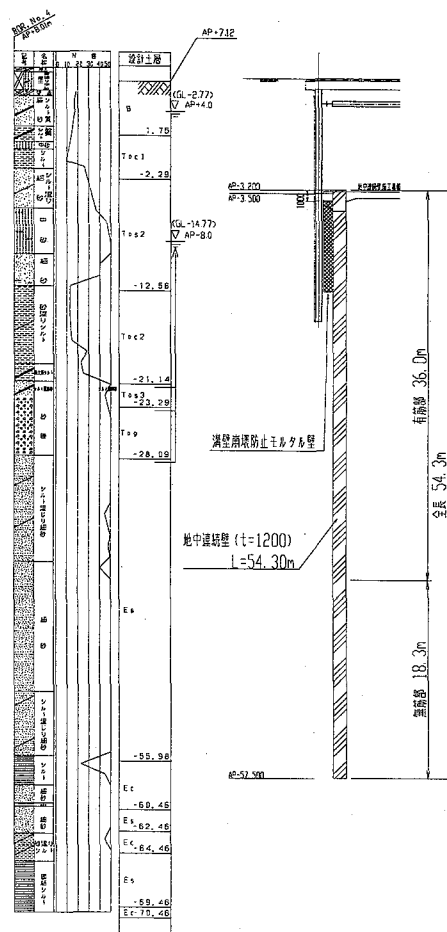


図-6 土質柱状図および地下連続壁断面図

おり、施工基面から約5m下がり、と比較的高い。

3. 施工方法

(1) 施工フロー（一般部）

施工フロー図を図・7に示す。ここでは、先行エレメントのフローを示すが、後行エレメントでは掘削完了後に継手部清掃のステップが入る。

標準エレメントでのサイクルタイムは表-3のとおりであり、1エレメントを8方で施工した。

表-3 施工サイクルタイム (標準エレメント)

	1方	2方	3方	4方	5方	6方	7方	8方
掘削								
			(良液置換)					
鉄筋籠 建込								
コンクリート 打設								

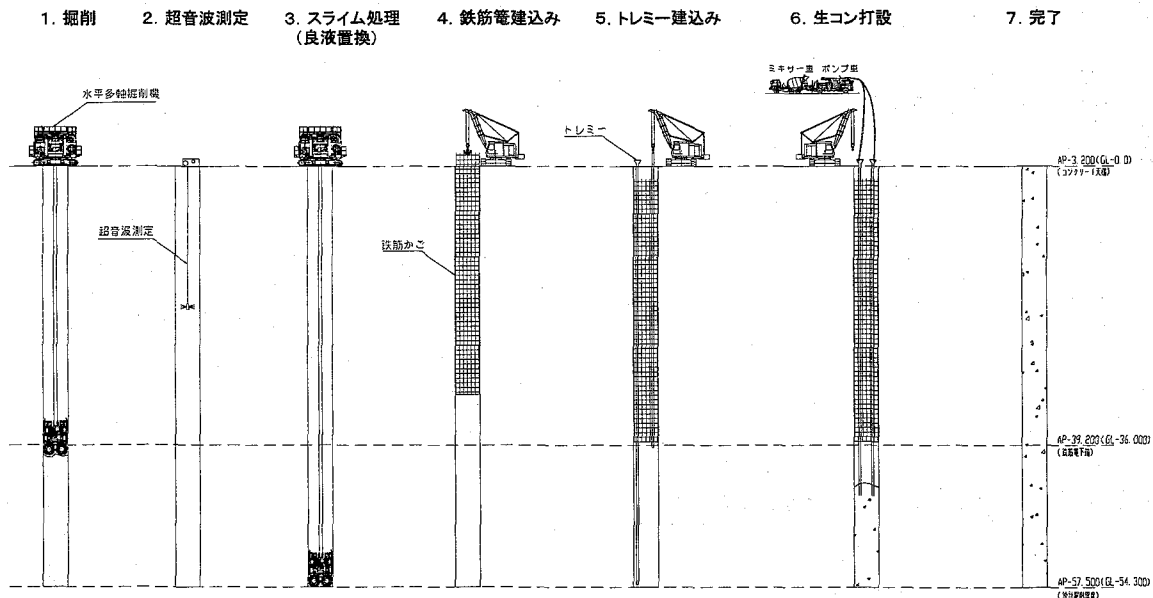


図-7 一般部施工フロー図 (先行エレメント)

なお、掘削工の最後の1方では鉄筋籠の建込み時にスライムが付着することを防止するため、削孔溝内の安定液を良液（砂分1%未満の安定液）に置換する「良液置換」を行っている。

掘削から鉄筋籠建込み、生コン打設までの各工程での施工方法は以下のとおりである。

(2) 掘削工

a) 掘削機械・設備

今回の掘削では、掘削機に大深度の掘削に適した水平回転多軸式を選定し、最小6mの高さ制限下でも使用できる低空頭タイプの機種（写真-1参照）を使用した。

なお、泥水プラントは路上の作業帯上に配置し、構内までの配管を設置した上で、掘削を行った。

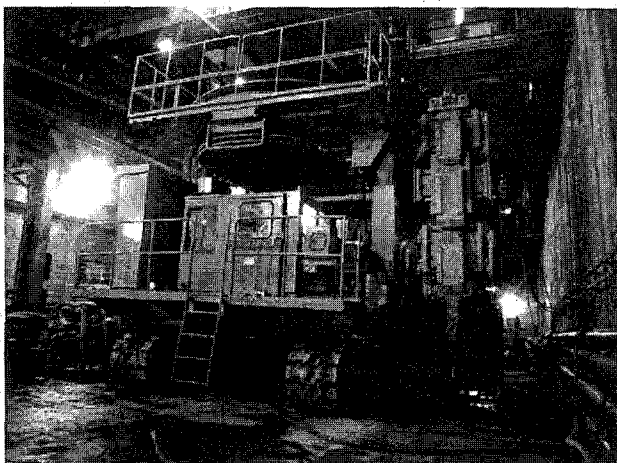


写真-1 掘削機械

b) 溝壁崩壊防止対策

地下連続壁の施工管理では溝壁の崩壊を防止することが重要な課題となる。そのため今回の工事では、設計および施工上のいくつかの対策を行っている。

①設計上の対策

今回の地下連続壁は一次山留SMWの内側での二次山留となっておりその離隔が1mしかないので、両方の山留壁に挟まれた部分の土砂崩壊防止が必要であった。そのため、本工事ではこの部分に路上あるいは路下からモルタル柱列壁を構築し溝壁崩壊防止としている。（図-6参照）

また、連続壁の内側では、ガイドウォール下部の表層セメント改良を行うことにより溝壁の安定が図られている。標準的な改良範囲を図-8に示す。

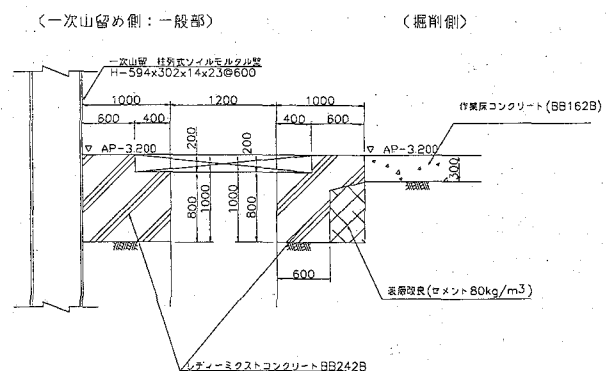


図-8 ガイドウォール部表層改良

なお、今回のエレメント配置ではエレメント長が標準部3.2mより長いものがあったが、溝壁の安定性はエレメント長が長くなるとともに悪化する。そのため、このような箇所では三次元円筒すべり法で溝壁の安定計算を行い、必要な改良範囲を別途検討した。

②施工時の対策

今回の地盤では地下水位が被圧されており施工基面から約5m下がりと比較的高いことから、溝壁安定への悪影響が懸念された。さらに、施工基盤から20～25m下の深さには砂礫層が存在しており、掘削時にこの礫層からの溢水と、またこれを掘り崩してしまう懸念もあった。

そのため、当工事では入念な安定液の管理とともに、周囲に観測井戸を設け、掘削中の地下水位を常時監視することとした。

また、今回の連続壁は平面配置形状に折れ曲がり部が多く、折れ曲がり部の内側において溝壁崩壊が懸念されたため、当該箇所では薬液注入による地盤改良を行った。

c) 鉛直精度管理

今回の地下連続壁は最終的に構築の一部として本体利用される。そのため、所定の壁厚を確保するだけでなく、所定の位置に精度良く連続壁を構築することが特に重要な条件であった。

そのため、当工事では、掘削機付属の傾斜計に加えて垂直精度管理システムを掘削時に使用し、1/500以上を管理目標値として鉛直精度の管理を行った。

さらに、掘削完了時には超音波測定を行い、溝壁の出来形（壁厚、鉛直精度）の確認を各エレメントにおいて行った。超音波測定の結果については後述する。

d) エレメント配置の検討

今回の掘削では継手部にコンクリートカッティングを採用したが、この方法では、コーナー部において先行エレメントと後行エレメントが交差するように配置すると、後行エレメントの施工時にエレメント両側のカッティング量（幅）が異なることに起因して、掘削機に水平方向の面で回転しようとする力が働き、精度確保が困難となる。そのため、当工事ではコーナー部は先行エレメントの2ガット掘りとするエレメント配置とした。

実際の割付けでは、この他、標準エレメント長

が3.2mであることや溝壁安定の問題から最大エレメント長に制約があることを考慮する必要があり、一部で仕切鋼板を使用した“片押エレメント”も施工している（図-5参照）。

(3) 鉄筋籠建込み

鉄筋籠は場外の工場で作製し、夜間トレーラーにて現場に搬入した。その後、路下に投入し、作業床上をフォークリフトで搬送し、35t クローラークレーンにて建込みを行った。

連続壁の全長は54.3mであるが、そのうち有筋部は上部36.0mであり、これを標準部では各ロット4.5mの計8ロットに、また、空頭制限の特に厳しいエレメントでは各ロット3mの計12ロットに分割し、現場で鉄筋籠の接合を行った。

また、今回の工事では、路下での作業高さに制約があるため、一般的な重ね継手では施工ができない状況であった。そこで、継手には「エンクローズド溶接継手」を採用した。継手箇所については、全数について目視検査を行うとともに、全体の15%（無作為に抽出）について超音波試験を行い溶接の精度を確認した。

(4) コンクリート打設工

コンクリート打設はトレミー管を先行エレメントではエレメント長などに応じて各2～3本、後行エレメントでは各2本を挿入して行った。路下の打設箇所には、路上に設置したコンクリートポンプ車から圧送を行った。

コンクリートの配合については、後行エレメントでは温度応力によるひび割れ発生を抑制することが重要と考えた。そのため、高性能AE減水剤を使用し、規定の範囲内ではあるが単位セメント量の低減を図った。

(5) 拡張連続壁の施工

本工事では掘削範囲内を東京メトロ銀座線が横断しており、その下部にも地下駐車場の構造物を構築するため、この部分においても二次山留壁の施工が必要であった。そこで、銀座線構築の両脇から、それぞれ3mの拡張連続壁を構築し、連続壁の欠損部分をできるだけ小さくする考え方が採用された。なお、欠損部分については、銀座線下においてモルタル柱列壁を施工して土留め壁とし、地盤改良を併用して止水性を確保した。

拡張連続壁の施工フローを図-10に示す。掘削は、まず銀座線脇の部分で通常と同じ方法で行う。そ

1. 掘削 (1, 2カット)
2. 反力材建込み
3. すかし掘り機降下
カッター起伏
4. 銀座線下部掘削
5. 反力材引抜き
6. 掘削ずりの撤去
2～6を繰返し設計深度
まで掘削。以下、一般部
と同様。

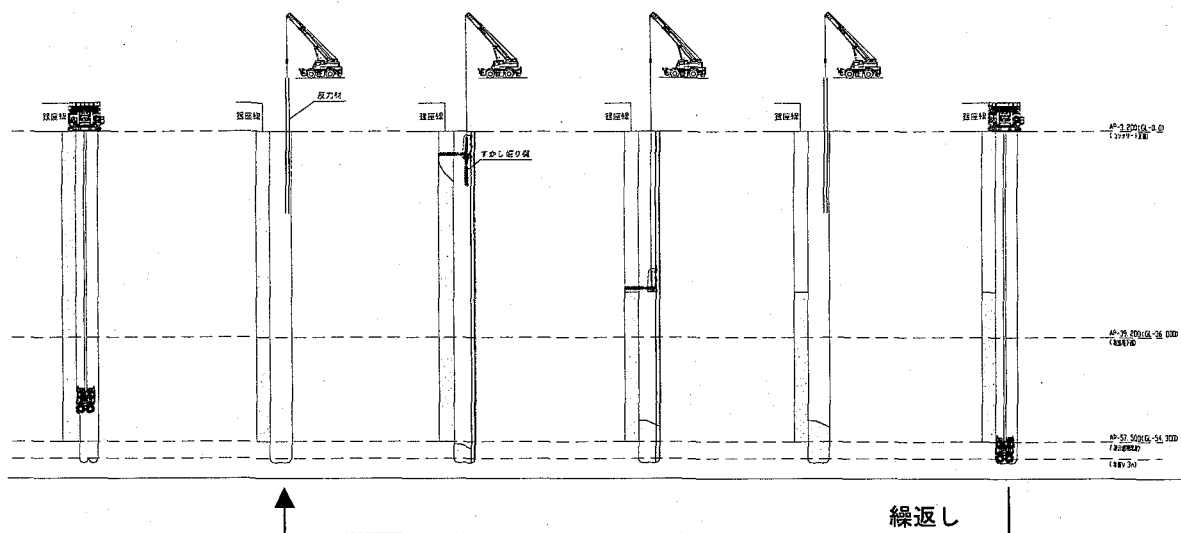


図-10 拡張連続壁施工ロー図

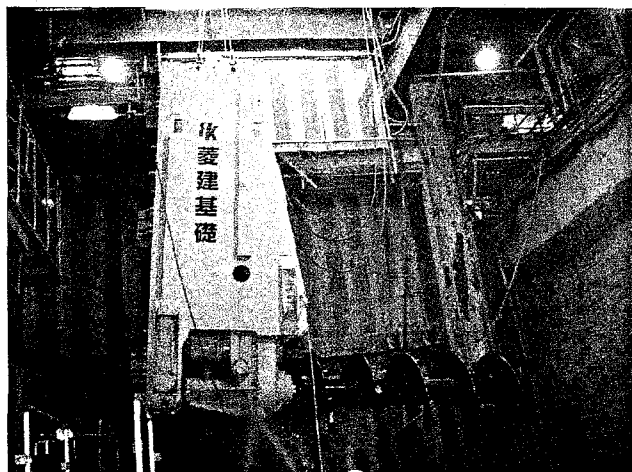


図-11 すかし掘り掘削機

の後、その掘削溝にすかし掘り掘削機（写真-2）を投入し、銀座線下部の地盤を10m程度掘削する。すかし掘り機により掘削した土砂は既存の掘削溝内に落下・堆積するが、すかし掘り機では残土の搬出が行えないため、一旦、すかし掘り機を引き上げた上で、多軸式掘削機により掘削ずりの撤去を行う。引き続き、すかし掘り機による掘削と掘削ずりの撤去を繰り返す、所定の深度までの掘削を行う。

今回の工事では、深さ54.3mの連続壁を構築するために、合計6回のサイクルを繰り返し、計7方で掘削までを完了した。

4. 超音波測定

前述の通り、今回の施工では、溝壁の出来形（壁厚、鉛直精度）の確認を目的として、各エレメントの掘削完了時に、溝壁内の超音波測定を行った。測定の結果、当初懸念された溝壁の崩壊などもなく、所定の壁厚および鉛直精度を確認することができた。

5. まとめ

本報告では、当工事において先般施工した路下地下連続壁の施工実績について報告した。

今回の施工では、道路下の限られた作業空間における大規模な連続壁の構築であったが、適切な掘削機械の選定や継手の採用、エレメントの分割などにより、効率的な施工を行うことができた。

また、現地の土質条件などから懸念された溝壁の崩壊に関しても、溝壁崩壊防止用モルタル壁や地盤改良（表層改良・薬液注入）などの設計・施工面での対策と泥水や地下水位等の管理により、大きな問題なく施工を完了した。

2006年9月現在、本工事では銀座線構築の下受け工を完了し、逆巻き工法によるB1Fスラブの築造工事に着手したところである。今後も、関係者一体となり、安全に施工を進めたいと考えている。