

大口径シールドトンネルの先行施工に配慮した 地下換気所構築工事

早野雅士¹・服部慶太²・波津久毅彦³・大内慎也⁴

¹正会員 清水建設株式会社 土木技術本部 プロジェクト技術部（〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3）

²正会員 清水建設株式会社 土木事業本部 土木東京支店（〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3）

³正会員 首都高速道路株式会社 東京建設局 設計第一グループ（〒160-0023 東京都新宿区西新宿六丁目6-2）

⁴正会員 首都高速道路株式会社 東京建設局 新宿工事グループ（〒160-0023 東京都新宿区西新宿四丁目15-3）

本工事では、都市土木としては最大クラスとなる大規模開削工事により、山手通り（環状6号線）直下に首都高速中央環状新宿線の換気所躯体を構築した。特筆すべきは、事業全体工程の制約から、躯体構築工事に先立ち、2本の大口径シールドトンネルが先行施工されたことである。当該与条件に対し、構造合理化および工程短縮を目的として、シールド鋼殻の一部を換気所道路部の本体構造として有効利用した。

本工事は、掘削の進捗に伴いシールドトンネルを露出し、セグメントを解体・撤去するという、他に類を見ない工事となった。本稿では、このような特殊条件下での大規模開削工事において採用した施工法の中でも、着目すべき内容として、特殊切梁工およびシールド鋼殻撤去工について述べる。

キーワード：大規模開削、大口径シールド先行施工、特殊切梁、シールド鋼殻撤去

1. はじめに

代々木換気所は、首都高速中央環状新宿線山手トンネルに建設中の地下換気所である。本工事では、山手通り（環状6号線）直下に開削工法にて換気所躯体を構築した。掘削規模は、延長182m、幅34m、最大深さ39mであり、中央環状新宿線内の開削工事では、最大クラスの掘削内空を有する。

山手通りは、日交通量約6万台の重交通を擁する主要幹線道路である。沿道には中高層マンションやオフィスビルが立ち並び、その周辺には住居が密集する、高度に開発された地区である。加えて、直下には大口径の下水管や、通信幹線、電力高压ケーブル等の重要ライフラインが埋設されている。これら諸条件から、施工に際しては山手通りの車両通行や近接構造物に支障を及ぼさないこと、また騒音や振動といった環境に対する配慮が求められた。写真-1に工事状況を示す。

本工事で特筆すべきは、道路事業全体工程の制約から、掘削工事以前に本線高速道路トンネルとなる2本の大口径シールドトンネルが先行掘進されるといった、特殊条件下での施工となった点である。このため、覆工支持構造は、シールドトンネルに配慮した構造形式として、特殊切梁工を採用した。



写真-1 工事状況（中央作業帯）

また、換気所本体構造は、全延長の2/3の区間でシールド鋼殻を本体利用し、構造の合理化および工程短縮を図った。工事は、2本の大口径シールドトンネルを掘り出し露出するという特殊な工事となった。写真-2にシールドトンネルを掘り出した状況を示す。



写真-2 シールドトンネル露出状況

2. 工事概要

(1) 工事概要

工事名称	SJ22工区(3)換気所(その1)工事 同(その2)工事, 同(その3)工事
工事場所	東京都渋谷区元代々木町
発注者	首都高速道路株式会社
施工者	清水・東亜・安藤SJ22(3)換気所 特定建設工事共同企業体
工期	H13. 3. 9～H20. 3. 27

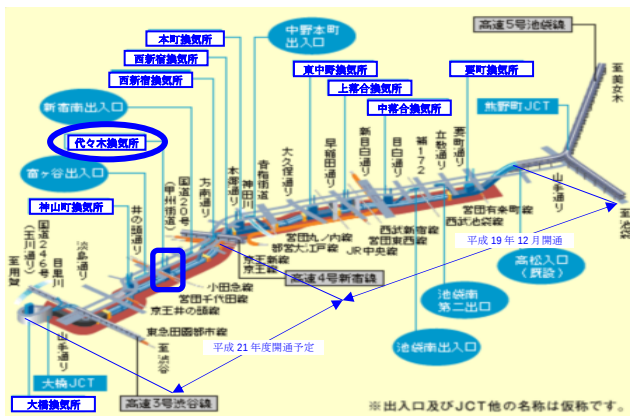


図-1 代々木換気所位置図

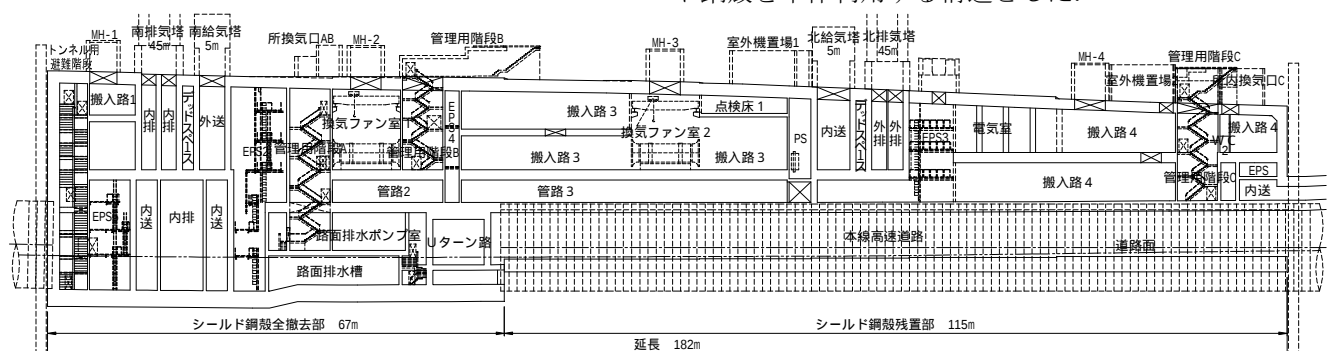


図-2 代々木換気所縦断面図

(2) 地盤概要

当該地区は、武蔵野台地を構成し淀橋台と呼ばれる洪積台地の西北部に位置する。淀橋台は、目黒川と神田川に挟まれた地盤高TP+30～40mほどの台地である。台地内は、河川により樹枝状に入り組んだ多数の支谷が発達しており、起伏に富んだ地形となっている。代々木換気所は、旧河川による沖積谷内に位置している。

土層構成は、表層より凝灰質粘土層(Lc)、東京層砂層(Tos)、東京礫層(Tog)、上総層粘性土層(Kc)、上総層砂層(Ks)の順で堆積している。支持層として期待できる土層は、地表面から概ね15m以深にあるN値50以上の東京礫層(Tog)で、6～7mの層厚で堆積している。さらに、東京礫層(Tog)以深の上総層群は非常に堅固であり、掘削床付面以深まで堆積している(図-3、図-4)。

3. 構造概要

(1) 構造概要

代々木換気所の所内施設レイアウトは、地下1階から地下3階に換気諸設備や電気機械室等を配置し、地下4階に本線高速道路、地下5階にトンネル内換気ダクトを設けている。また、換気所中央部付近より南側には、本線高速道路Uターン路や路面排水槽、さらには換気ダクトの切回しスペースを有する。加えて、換気所頂部には高さ45mの排気塔および高さ5mの給気塔が立ち上がる(図-2～図-4)。

前述の通り、換気所の掘削工事に先立ち、本線高速道路トンネルとなる2本の大口径シールドトンネル(外径φ12.8m)が先行施工された。このため、シールド鋼殻を換気所本線高速道路部の本体構造として有効利用することが、掘削および構築の施工数量低減に寄与し、工程、コストの面で有利と考えられた。そこで、所内施設レイアウト、および仮設、本体構造等を総合的に判断し、北側2/3区間のシールド鋼殻を本体利用する構造とした。

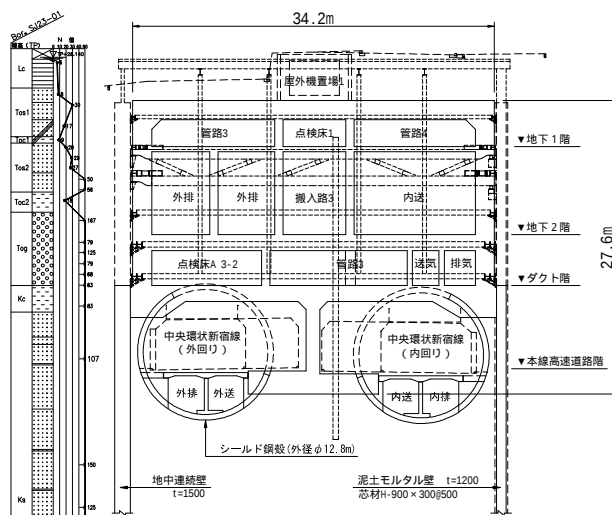


図-3 シールド鋼殻残置部横断図

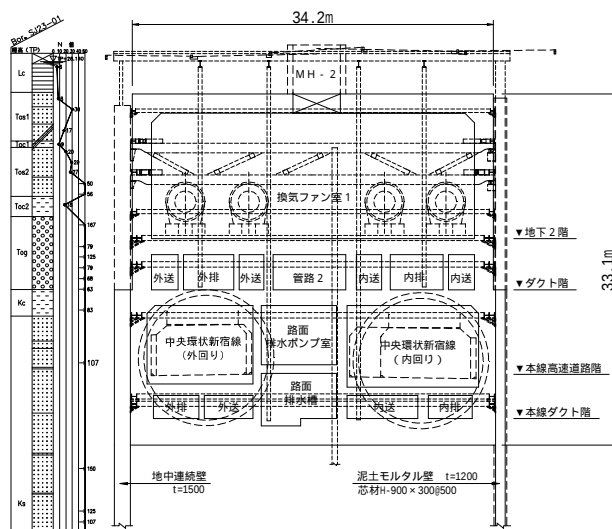


図-4 シールド鋼殻全撤去部横断図

(2) 施工ステップ

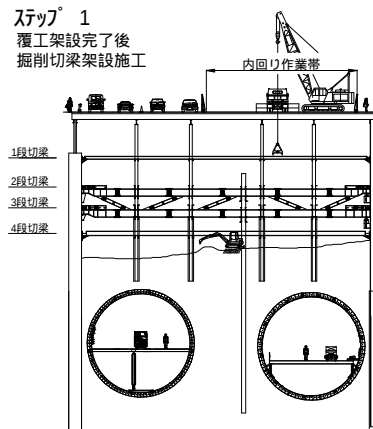
図-5にシールド鋼殻残置部の施工ステップを示す。工事は、山手通り全面路面覆工による開削工法を基本とし、掘削の進捗に合わせて露出されたシールド鋼殻を撤去した。鋼殻撤去完了後、順巻にて躯体構築を行った。

4. 特殊切梁工

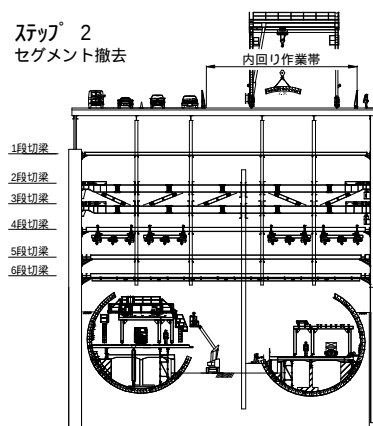
(1) 構造概要

本工事では、路面覆工荷重を支持する中間杭を、シールドトンネル以浅で打ち止める必要があった。このため、掘削時には中間杭の根入れ部が掘り出され、支持力を期待できなくなる。そこで、通常は軸力部材である切梁に、路面覆工荷重を預ける支持構造を採用した。図-6に特殊切梁の概要図を示す。

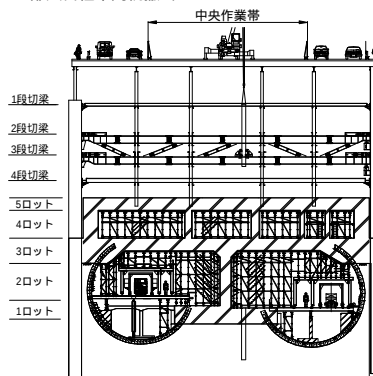
ステップ 1 覆工架設完了後 掘削切梁架設施工



ステップ 2 セグメント撤去



ステップ 3 中床スラブまで構築、中間杭をスラブへ受替 上部大口径中間杭撤去



ステップ 4

支保工解体、軌条撤去、走行床版構築
中間杭撤去、開口閉塞

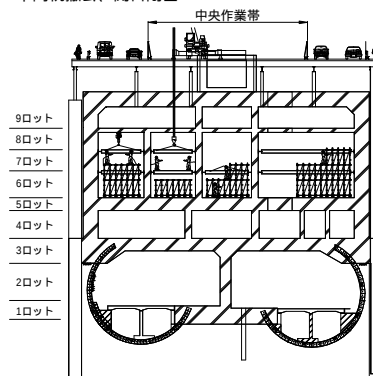


図-5 施工ステップ図（シールド鋼殻残置部）

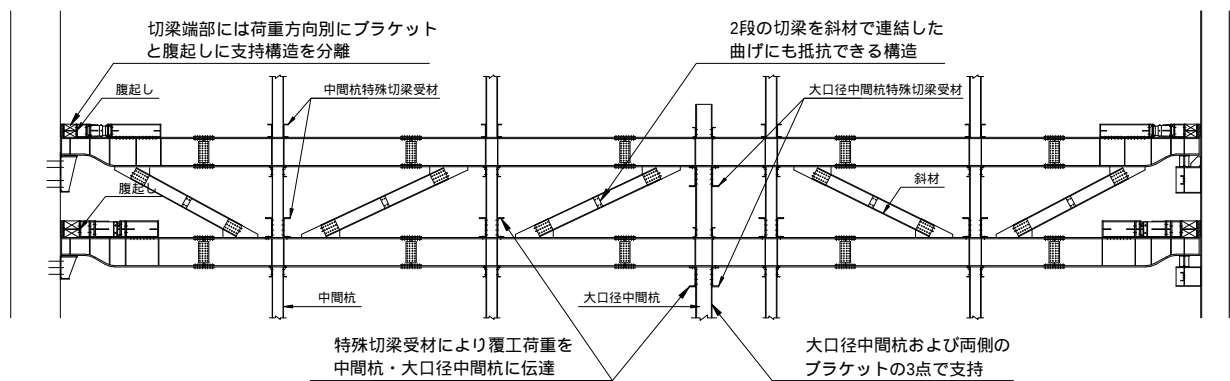


図-6 特殊切梁概要図

支持機構の特徴を以下に示す。

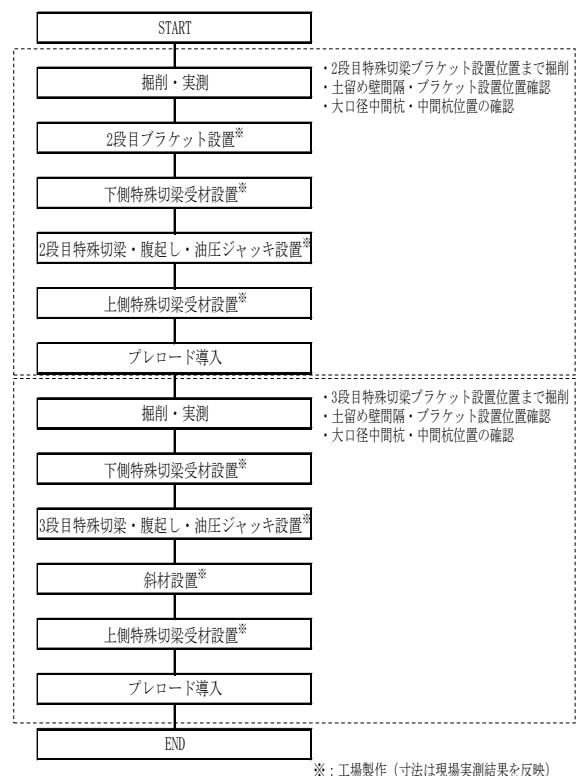
- ①2段の切梁を斜材で連結することでトラス構造とし、軸力部材である切梁を曲げにも抵抗できるように剛性を高め、路面覆工荷重を支持した。
- ②トラス構造にした切梁は、山留壁に設置したブラケットとシールドトンネル間に打設した大口径中間杭の3点で支持する構造とした。
- ③中間杭から伝達される路面覆工荷重は、特殊切梁受材（溝形鋼）を介して特殊切梁および大口径中間杭に伝達させる構造とした。
- ④切梁端部の支持構造は、鉛直荷重を受持つブラケットと、水平荷重を受持つ腹起しに分けた構造とした。

(2)特殊切梁の施工

特殊切梁の支持機構は複雑であり、設計で想定した荷重伝達が適切に反映されることが重要となる。そこで、全ての架設位置で現地測量を行い、現地状況を適切に反映して部材の製作を行った。

図-7に施工フロー、写真-3に施工状況を示す。切梁の架設は、まず2段目のブラケットおよび下側受材を設置した。次にこれらを架台として、2段目切梁、腹起しおよび油圧ジャッキを設置した。その後、上側受材を設置し、最後に2段目のプレロードを導入した。以降、3段目の油圧ジャッキ設置までは2段目と同様の手順で行い、その後斜材を設置した。最後に上側受材の設置し、3段目のプレロードを導入した。

各掘削完了後、中間杭および大口径中間杭の位置や回転角度を計測し、実打設状況に応じて取付け部材の製作を行った。各部材の取付け完了後、特殊切梁1本毎にチェックシートを作成し、品質管理に努めた。



※：工場製作（寸法は現場実測結果を反映）

図-7 特殊切梁施工フロー図



写真-3 特殊切梁施工状況

5 . シールド鋼殻撤去工

(1)防護トンネル工

シールド工事は、換気所工事が行われている間も継続して進められた。このため、シールド鋼殻の撤去や以降の躯体構築は、シールド工事のバッテリーロコが走行する中、同時作業で行う必要があった。

そこで、当該作業がバッテリーロコの走行に干渉することのないよう、防護トンネルを設置した(写真-4)。防護トンネルは、鋼材を門型に架構し、バッテリーロコの走行および人道を確保する構造とした。また、躯体構築時には型枠支保工の支持架台としても利用し、型枠支保工数量の低減ならびに工期短縮にも益した。



写真-4 防護トンネル（解体前状況）

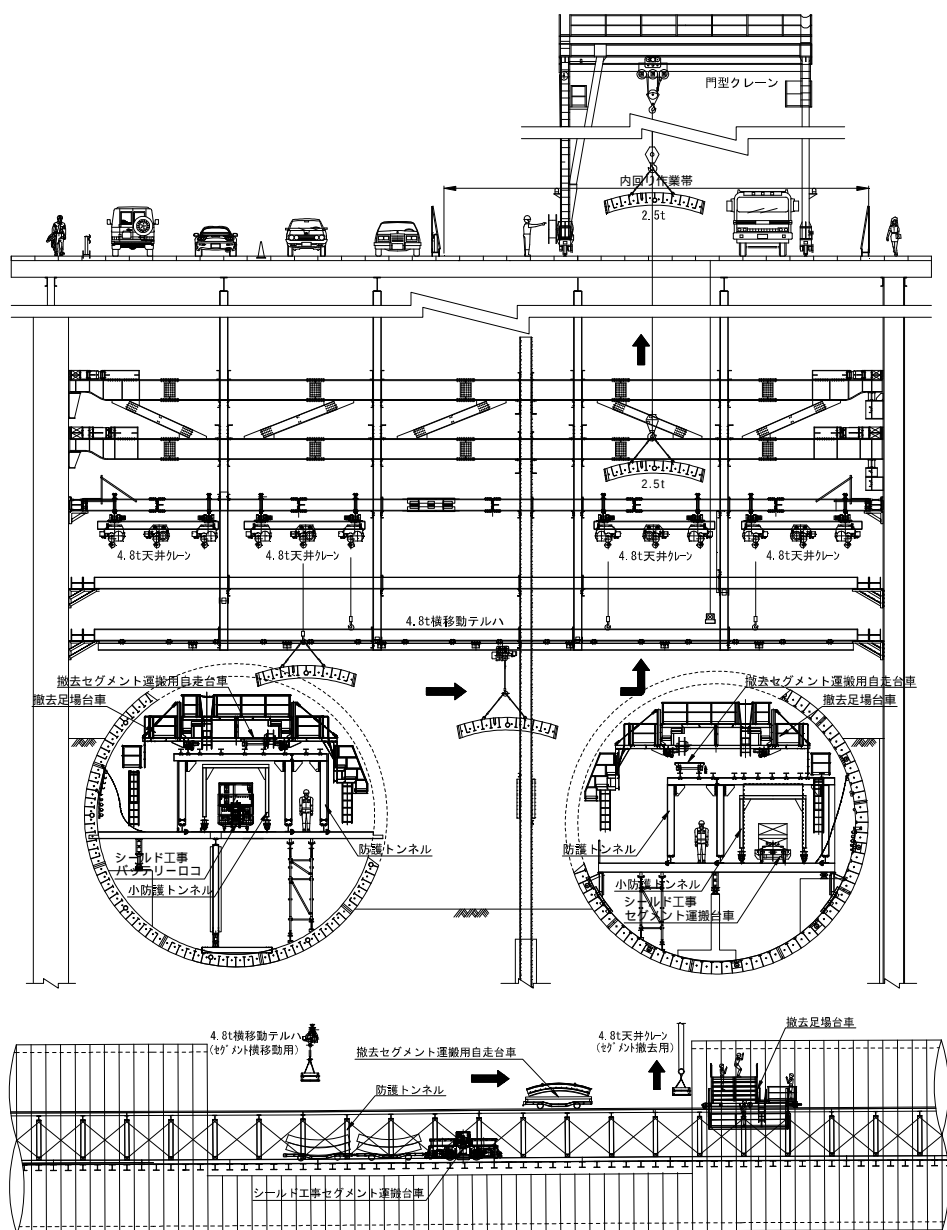


図-8 シールド鋼殻撤去汎用設備システム

(2)鋼殻撤去工のシステム化

シールド鋼殻の撤去・搬出は、シールド鋼殻全撤去部で約1100ピース、シールド鋼殻残置部で約860ピースとなり、非常に多くの作業量を要する。加えて、切梁等の仮設材配置および、地上部作業ヤードの制約から、地上部までの搬出経路が制限された。このため、当該作業が工事工程に与える影響は大きいと考え、一連の作業が円滑に行えるよう、鋼殻撤去汎用設備システムを構築した(図-8)。

設備システムでは、揚重設備として切梁に天井クレーンおよび横移動テルハを設置した。また、地上部には門型クレーンを設置した。搬送設備には、防護トンネル上にレールを敷設し、鋼殻運搬用自走台車と鋼殻撤去足場台車を設置した(写真-5～写真-8)。

解体したシールド鋼殻は、天井クレーンにて吊り上げ、防護トンネル上に設置した鋼殻運搬用自走台車でトンネル縦断方向へ移動し、さらに横移動テルハで仮設開口直下まで横移動した後、門型クレーンにて地上に搬出した。

このようにシステム化を行うことで、工程短縮に寄与したことのみにならず、山手通りを交通規制することなく、鋼殻撤去作業を常設作業帯内で行うことが可能となった。

6．おわりに

本稿では、重交通の幹線街路直下で先行施工された2本の大口径シールドトンネルを開削工法により露出し、そのシールド鋼殻を換気所躯体の一部として利用しつつ、地下換気所を構築した事例を紹介した。

施工に際しては、特殊切梁の採用ならびに鋼殻撤去工のシステム化により、事業全体工程に支障なく、また工程短縮に大きく貢献することが可能となった。

最後に、首都高速道路株式会社東京建設局殿には終始適切なるご指導を賜り、この場をお借りして深く感謝の意を表する。



写真-5 天井クレーンおよび鋼殻撤去足場台車



写真-6 鋼殻運搬用自走台車



写真-7 横移動テルハ



写真-8 門型クレーン