

# 都市部における鉄道線増連続立体交差工事の一例

## 小田急電鉄小田原線，代々木上原～東北沢駅間地下化工事

橋本敏和

本事業は踏切での慢性的な交通渋滞の解消等を目的とし、2004年9月に着手され現在も工事が進められている。具体的には、小田急小田原線代々木上原駅付近から梅ヶ丘駅付近までの約2.2km区間を地下化することで道路と鉄道を立体交差化し、あわせて東北沢駅付近から梅ヶ丘駅付近までの1.6km区間の複々線化を図り、抜本的な輸送サービスの改善をはかることを目的としている。本稿では、事業の概要及び当工区が担当する代々木上原駅付近から東北沢駅にかけての約520m区間についての工事内容と都市部での営業線近接施工の実際について報告する。

キーワード：鉄道地下化工事，営業線近接・直下施工，都市部，既設構造物改築

### 1. はじめに

小田急電鉄小田原線は新宿を起点とし神奈川県小田原市までの82.5kmにわたる鉄道線路である。1日の利用者数は江ノ島線，多摩線を含めると約196万人に達し、首都圏の通勤・通学の大動脈となっている。朝のラッシュピーク時間帯の最混雑率は188%に達し、これは関東の私鉄で3番目に高い数字である。ラッシュ時の最混雑区間における列車間隔は平均2分10秒で、都内では1時間に50分以上遮断している踏切も数多く、交通渋滞の一因となっている。

これら、交通渋滞等の問題を解決するために東京都と小田急電鉄は代々木上原～向ヶ丘遊園間において鉄道路線を高架化・地下化する連続立体交差化事業を推し進め、あわせて輸送サービスの改善を目的とし

た複々線化を実施してきた。その結果、1997年に和泉多摩川～喜多見間(2.4km)，2004年には喜多見～世田谷代田間(6.4km)の高架化が完了し、交通渋滞の解消，混雑率の緩和に効果を発揮している。そして、残る代々木上原～梅ヶ丘間(2.2km)についても2004年9月に地下化工事に着手し、現在も工事を進めている(図-1)。

### 2. 事業の概要

本事業は東京都と鉄道・運輸機構の受託工事として梅ヶ丘～代々木上原間の東北沢駅，下北沢駅及び世田谷代田駅を含む約2.2km区間を地下化し，東北沢駅付近～梅ヶ丘駅付近までの1.6km区間を複々線化するものである。その全体概要を下記に示す(図-2)。

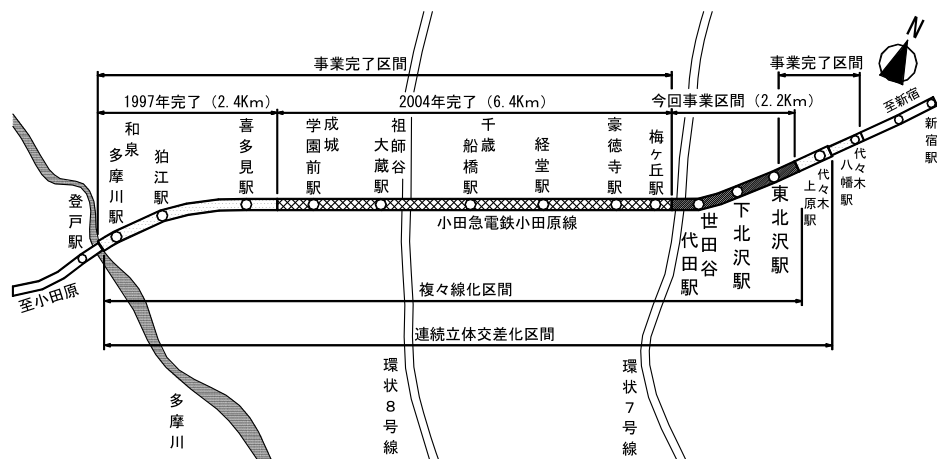


図-1 小田急線連続立体交差化工事の進捗

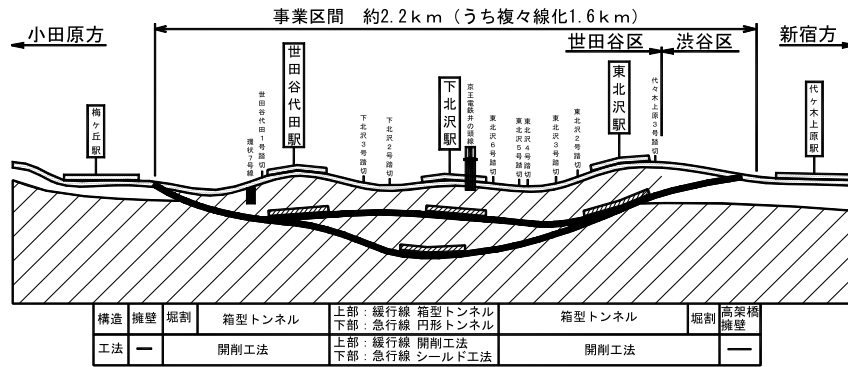


図-2 事業の概要

①代々木上原～東北沢間

既設高架橋・擁壁の改築と開削工法による掘削及び箱型トンネルの構築

②下北沢

2層構造となっており上部（緩行線）は開削工法による箱型トンネルの構築，下部（急行線）はシールド工法による円形トンネルの構築

③世田谷代田～梅ヶ丘間

開削工法による掘削及び箱型トンネルの構築（環状7号線直下は函体推進工法を採用）

3. 工事の概要

当工区は本事業の新宿方起点である代々木上原付近（渋谷区大山町）～東北沢駅付近（世田谷区北沢3丁目）までの区間（新宿起点3k882m～4k404m，延長522m）を担当している。

施工の中心となる東北沢駅部分は世田谷区と渋谷区の区境の台地上に位置しており，駅周辺には商店街や北沢小学校，松蔭中学校・高等学校，東京大学駒場リサーチキャンパスが有り，戸建住宅の多い古くからの住宅地である。周辺の道路状況は東京都道420号（鮫洲大山線）が駅のすぐ東側で小田急線と平面交差し（上原3号踏切），北側は井の頭通り，南側は山手通りに

接続している。

工事の内容は大きく次の4つに分けられる（図-3）。

①代々木上原方の3k877m～4k35m区間

東京メトロ千代田線の高架橋（留置線2線）をはさんで北側盛土上を上り線（急行，緩行），南側高架橋上を下り線（急行，緩行）が走る6線構造となっている。この区間は地下トンネルへのアプローチ部分となるため，レールレベルを下げる必要があり，北側は既設擁壁（大山擁壁）を約150mにわたって改築し，南側は既設高架橋（代々木上原第4高架橋，3ラーメン，延93.5m）の柱上部，梁，上床スラブを取壊し改築する。

②代々木上原方の4k35m～4k51m区間

軌道下を南北に渋谷区道が通っており，北側及び中央部はアーチ状トンネル+盛土構造，南側は橋台+PC桁による架道橋構造（上原第3架道橋）となっている。この区間についても，レールレベルを下げるため，北側及び中央部はアーチ状トンネルを取壊し，橋台を構築しPC桁を架設する。南側は既設PC桁を撤去し，既設橋台を改築しPC桁を架設する。

③代々木上原方から東北沢の4k51m～4k130m区間

掘削構造となるため土留壁を施工して開削工法にてL型擁壁，U型擁壁及び進入路を構築する。掘削土量は約8700m<sup>3</sup>，掘削深さは5m～8m程度である。

④東北沢駅部の4k130m～4k404m区間

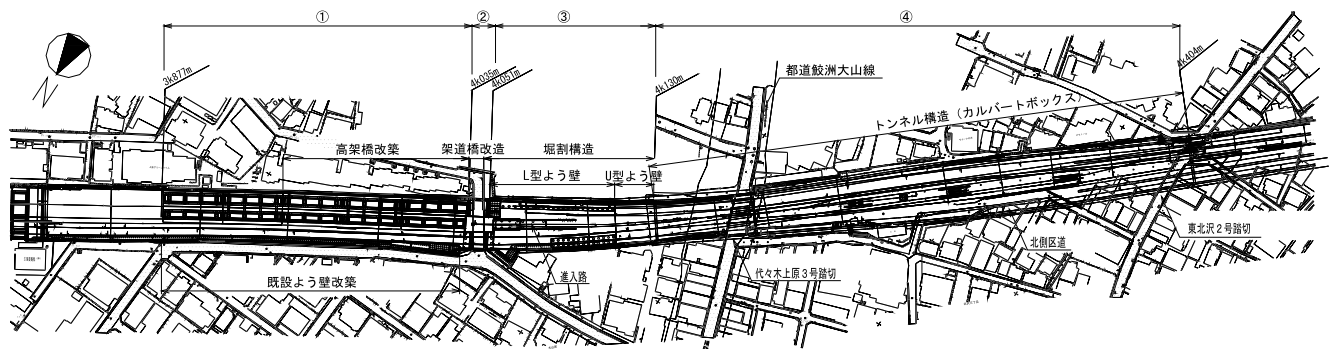


図-3 事業概要

箱型トンネル構造となっており、土留壁を施工して開削工法にてカルバートボックスを構築する。カルバートボックスは施工延長272.2mで1層及び2層構造となっており幅21.3m～28.4m、高さ7.3m～11.3mである。ちなみに、掘削土量は72500m<sup>3</sup>、掘削深さは8.5m～11.5m程度である。

カルバートボックス構築にあたり、東北沢駅東側の都道鮫洲大山線との交差部（上原3号踏切）直下には東京電力の高圧幹線ケーブル（22kV）とNTTの幹線ケーブル（電話回線、光ファイバーケーブル）が推進管にて敷設されており、前者の電力ケーブルについては推進管の受防護を実施し、後者のNTTケーブルについては敷設替えを行い吊防護により対応している。

また、駅北側の区道部にはガス、水道、下水が埋設されていたが、ガスと水道は吊防護、下水については土留壁外側に仮移設して対応している。駅西側の世田谷区道との交差部（東北沢2号踏切）直下にはガス、NTTが埋設されていたが敷設替えを行い、吊防護により対応している。

以上、工事の概要について述べてきたが、次項では本工事で施工中もしくは施工を完了したのものから特徴的な工種について述べることにする。

### 4. 工種別概要

#### (1) 仮線工事と施工ステップ

本工事は営業線直下での開削工事であるため、工事による軌道の仮線化及びホーム等駅施設の仮設化を実施した。工事桁及び仮ホームは杭基礎による仮橋脚で支持している（図-4）。

当工区における工事桁は支間10mの抱込み桁及び上路桁を標準とし、工事桁化区間は上り線386m、下り線408mである。

施工にあたって、事業用地が限られていることから、

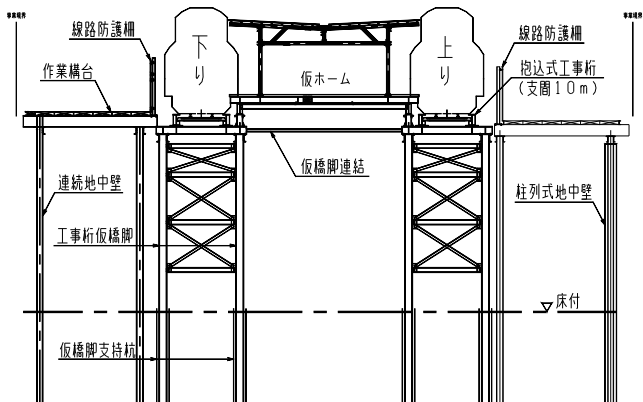


図-4 工事桁、仮ホーム横断面

施工ステップによって仮線を切替ながら順次施工していく必要がある。上原方の施工ステップを図-5に、東北沢駅部の施工ステップを図-6に示す（2010年

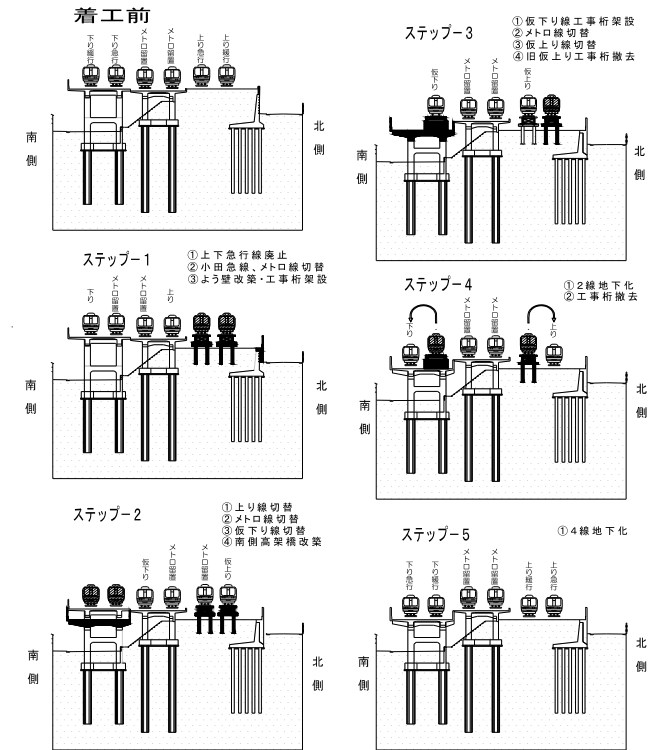


図-5 上原方施工ステップ図

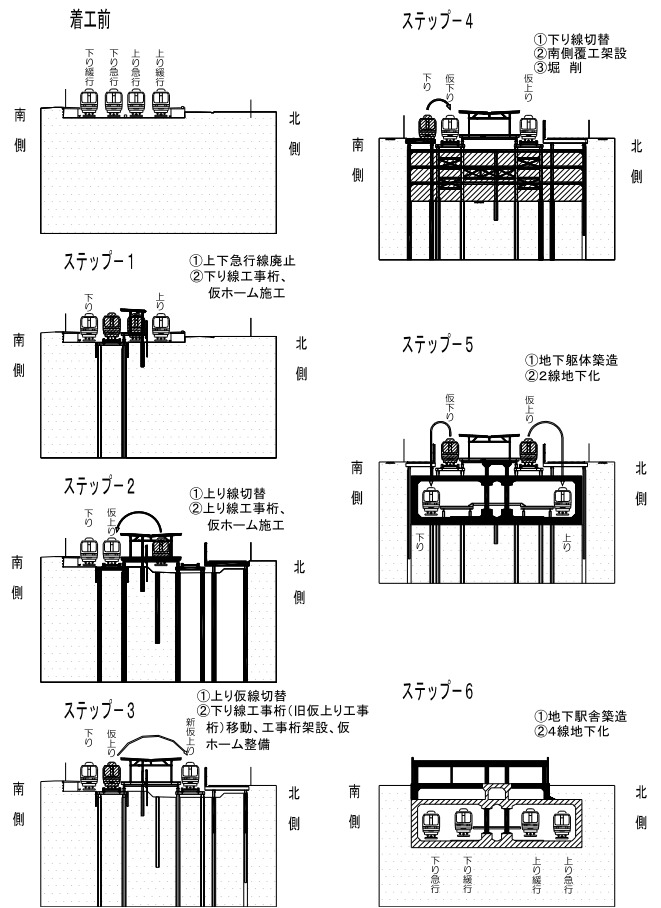


図-6 東北沢駅部施工ステップ図

10月時点で上原方はStep-3、東北沢駅部はStep-4である)。

(2) 代々木上原第4高架橋改築工

代々木上原第4高架橋(以後、高架橋と称す)は工事起点方南側の下り線用高架橋である。この高架橋は起点側よりR3(3径間, L=30m), R4(3径間, L=30m), R5(4径間, L=33.5m)の3ラーメンからなっている。先に述べたように、この区間は地下トンネルへのアプローチ部分となるため、レールレベルを下げる必要があり、高架橋の上床スラブ、梁及び柱上部を取り壊して改築することで対応する。改築に伴う高架橋高さの低下量は最大R3で約0.6m, R4で約1.3m, R5で約2.5mである。以下に高架橋上部取壊し工事の概要を述べる。

本高架橋に沿って2m~5m程度の離れでマンションが隣接しており、騒音、振動、粉塵等を考慮するとブレイカーは使用できず、ワイヤーソーとコア削孔を併用して大ガラで搬出することにした。搬出方法は高架橋下にラフテレーンクレーンが設置できないため、R4高架橋の中央径間に開口部を設け、上部に門型クレーンを設置して下部に卸す方法を取った。高架橋の切断はR3高架橋の新宿方及びR5高架橋の小田原方より始め、開口部までの大ガラ運搬は下り線を利用して高架橋スラブ上に搬入した4.9t吊軌陸クレーンを使用した。大ガラの大きさはクレーンの能力を考慮して1ピース当り1.3t以下とした(図-7)。

開口部から吊おろした大ガラはフォークリフトにより4tダンプに積み込み場内のストックヤードに仮置きし10tダンプで搬出した。開口を設けたR4高架橋の上部撤去はR3及びR5高架橋改築完了後、ワイヤーソーにより新宿方より切断し、4.9t軌陸クレーンを使用してR5高架橋の小田原方に運搬し、上原第3架道橋の終点方に設置した25tラフテレーンクレーンにより10tダンプに積込、搬出した。R4高架橋と改

築後のR5高架橋には段差が生じるがスロープを設けることで対応した。

高架橋改築にあたり、柱の主筋をそのまま使用するので、柱上部の取壊し時に、主筋に損傷を与えないようにする必要がある。そこで、鉄筋に損傷を与えず高圧水でコンクリートを除去できるウォータージェット工法を採用した。この工法は高圧水のエネルギーによりコンクリートのセメントモルタル結合を破壊するものであるため、対象物に与える変形、ひずみ、残留応力が小さく、構造物への影響を小さく抑えることができる。施工手順は柱中央部をコア削孔により撤去し、その後、柱主筋まわりのコンクリート(t=15cm程度)をウォータージェットにより除去した(図-8)。ウォータージェットの使用にあたり、高圧ポンプが発する騒音は防音措置を2重3重にすることで対応した。

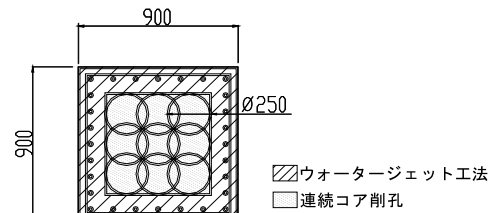


図-8 柱上部取壊し概要図

(3) 地中連続壁工 (TMX 工法)

U型擁壁及びカルバートボックス区間(4k110m~4k404m)の南側は連続地中壁と民地境界が近接しており、作業エリアとして確保できる幅員が概ね6m以下となるため、TMX工法により施工した(ただし、北側地中壁はさらに作業エリアの幅員が狭く、TMX工法を採用できず単柱杭(BH工法)による柱列壁+薬液注入により施工した)。

TMX工法は0.45m<sup>3</sup>クラスの油圧ショベルをベースにした杭打機(MPD)に水平多軸掘削機を組合せ、狭隘な都市部での連続地中壁施工を対象に開発されたもので、低空頭、軽量コンパクト、機械配置の自由度

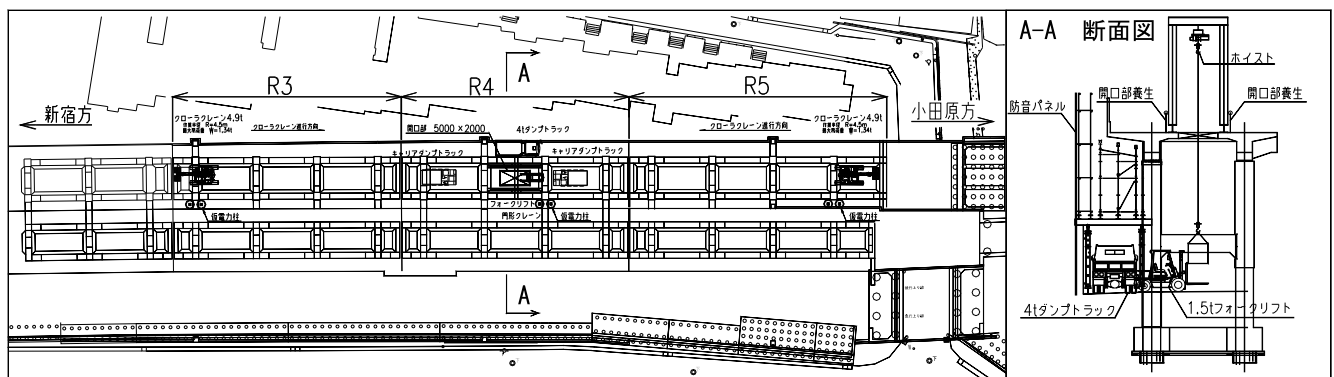
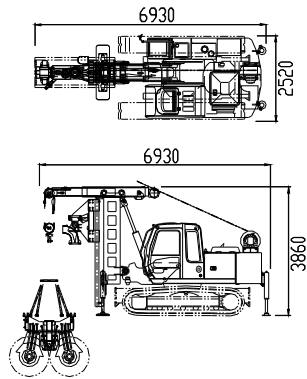


図-7 高架橋上部取壊し概要図

が高い等の特徴を有している。本工法はすでに各所で採用され、都市部での鉄道及び道路近接施工や路下施工で、その高い施工性を実証しており、さらに低騒音、低振動といった環境面でも高い評価を得ている（図—9、写真—1）。



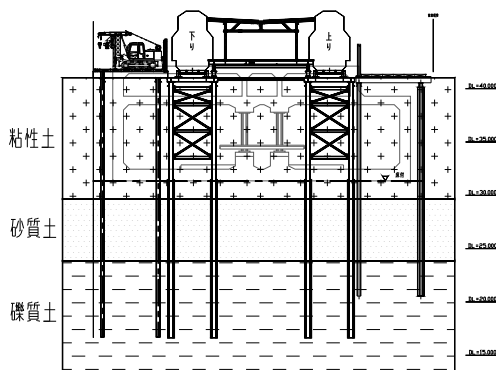
図—9 TMX-MPD 概要図



写真—1 TMX-MPD

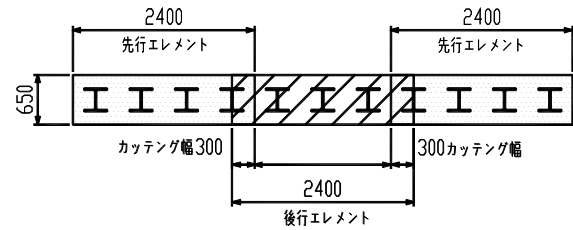
本工事は掘削深度 20.5 m ~ 23.6 m で施工数量 5372 m<sup>2</sup>、土質構成は駅部 4 k315 m 付近で、上部より軟弱な粘性土層（平均層厚 11.6 m）、N 値 50 以下の砂質土層（平均層厚 5.6 m）、N 値 50 以上の礫質土層（平均層厚 5.1 m）である（図—10）。

地中壁の掘削厚は 650 mm、掘削幅は 2.4 m で芯材



図—10 連続標準断面図

（H-300）間隔は 600 mm であることから、先行エレメントと後行エレメントのラップ長は 300 mm となる（図—11）。



図—11 エレメント概要図

施工はベースマシン（MPD）と水平多軸掘削機の間にはφ 200 のロッドを継足しながら掘削を進めてゆくが、姿勢制御機能を有していないため、掘削精度の管理は傾斜計によるロッドの鉛直性確保が基本となる。よって、掘削精度が心配されたが、掘削完了後、超音波による検査を実施したところ 1/500 以内に収まっていることが確認された。施工は機械トラブルもなく、順調に工程通り終了した。また、地中連続壁の弱点である先行エレメントと後行エレメントのジョイント部であるが、現時点（3次掘削）では漏水等もなく良好な状態である。

本工法はロッドを継いで掘削を行うため、施工速度と鉛直精度の点から大深度地中連続壁への適用は困難であるが、都市部狭隘箇所における中深度地中連続壁の施工には大変有効であると考えられる。

(4) 掘削工

東北沢駅部カルバートボックス区間の掘削、残土積込は主に事業用地の南側に設置した作業構台から行うが、民家に作業構台が隣接しているため、残土積込時の重機騒音及び排気ガス等が問題となる。特に排気ガスは地球温暖化の一因と考えられ排出量を減らす取組みが社会的な要請となっている。そこで、掘削作業が比較的長期間に渡ることから、発注者である小田急電鉄下北沢工事事務所の指導を仰ぎ、近隣への工事における騒音低減はもとより環境負荷低減を目指して、0.45 m<sup>3</sup> クラスの電動式クラムシェルを導入した。この電動式クラムシェルは作業負荷条件にもよるが、エンジン式に比較して CO<sub>2</sub> 排出量は約 1/4 程度であると試算されている。電動式クラムの概要を以下に示す（図—12、写真—2）。

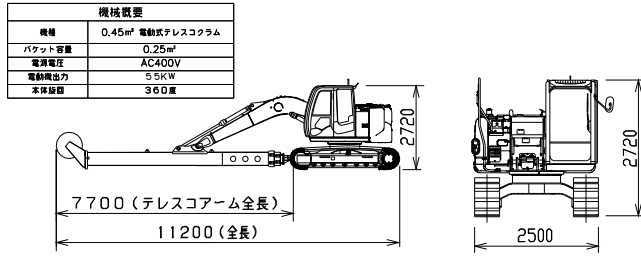


図-12 電動式テレスコラム概要図



写真-2 電動式テレスコラム

## 5. おわりに

本稿では小田急線線増連続立体交差事業の概要、当工区の工事内容及び都市部での鉄道工事として特徴的な工種について紹介した。都市部において鉄道工事を施工する場合の留意点は「騒音振動対策等周辺環境への配慮」、「歩行者、通行車両等第三者に対する安全確保」に加え「列車の安全運行の確保」に尽きると考えられ、本工事でもこれらを満足するよう施工計画を立案し施工してきた。本稿で紹介した内容が都市部での鉄道工事を理解する一助になれば幸いである。

今後、2013年の完成を目指して、カルバートボックス他地下躯体の構築を本格的に進めてゆく予定である。

JCMMA

### 【筆者紹介】

橋本 敏和 (はしもと としかず)  
 (株)大林組  
 小田急東北沢JV 工事事務所  
 副所長



# 大口径岩盤削孔工法の積算

## ——平成 22 年度版——

### ■改訂内容

- ・国交省の損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・ケーシング回転掘削工法のビット損耗量の設定
- ・工法写真、標準積算例による解りやすい説明
- ・施工条件等に対応した新たな岩盤削孔技術事例の追加
- ・“よくある質問と回答”の追加

- A4判／約 250 頁 (カラー写真入り)

### ●定 価

非会員：5,880 円 (本体 5,600 円)

会 員：5,000 円 (本体 4,762 円)

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 450 円

沖縄県 340 円 (但し県内に限る)

●発行 平成 22 年 5 月

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒 105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>