

ハンドリングマシンによる鉄骨建方の開発 ～ソード工法への採用～

菅田 ふさ子*¹・飯野 実*²・東川 正之*³

概 要

当社では線路上空建物に対応するため平成 15 年度からソード工法（スライド工事とフロアーダウン工事からなる線路上空建物の構築工法）が開発されてきた。本開発はこのソード工法に先駆けて上部鉄骨がスライドしていく 0 節及び 1 節の鉄骨独立柱の建方を行うことを主な目的としている。本開発はトロリー線下での作業によって建方を可能としたためトロリー線等の移設・盛替えを不要とし、また設置範囲が大型軌陸車より狭いため単線での作業も可能となった。工事中の計測，見張り員や多数の電気担当者の配置を削減し，大型軌陸車が進入できる工事用踏切や留置ヤードの確保も不要としている。

キーワード：線路上空建物，鉄骨建方，ソード工法，ハンドリングマシン

DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR ERECTING STEEL MEMBERS
WITH A HANDLING MACHINE
— APPLICATION TO THE SWORD METHOD —

Fusako SUGATA*¹ Minoru IINO*² Masayuki HIGASIKAWA*³

Abstract

Since 2003, we Tekken have been developing the SWORD method for constructing buildings above railway tracks. This method is composed of a slide process and floor lowering process. The present paper discusses a technique to be used before the sliding process by the SWORD method. The main purpose of this technique is to erect lower independent steel columns (divided into two sections called “level 0” and “level 1”) along which the upper steel frame is made to slide. The technique we developed allows steel members to be assembled below the catenary contact wires, eliminating necessity of transfer and replacement of contact wires, etc. Since the area of erection by this method is smaller than that with a large road-railer, it is also applicable to single tracks. In addition, the new technique reduces manpower for measurement, observation, significantly diminishes the number of electricians on site, and does not need crossing for work to which a large road-railer is accessible or storage yard.

Keywords: building above railway tracks, erection of steel members, SWORD method, handling machine

*1 Railway Planning Group, Architectural Technology Department, Engineering Division

*2 Engineering General Manager assisting General Director of Engineering Division

*3 Manager, Architectural Planning Group, Architectural Engineering Department, Engineering Division

ハンドリングマシーンによる鉄骨建方の開発 ～ソード工法への採用～

菅田 ふさ子*¹・飯野 実*²・東川 正之*³

1. はじめに

人口の減少とともにやがて訪れる輸送量の減少を想定して鉄道各社は新たな事業へとシフトしている。これまでの駅はグループ企業の限られた店舗を配し、駅ビルを付随する形で非運輸事業を形成してきた。しかし 2001 年ごろから駅のバリアフリー化をはじめとして利便性を改善し、多様な生活サービスを集積し駅自体の魅力を高めようとする流れに大きく方向展開し始めている。同時に新たな事業スペースの創出を確実に展開している。JR 東日本の「エキナカビジネス」は先駆的な事例であるが、鉄道他社も追随すると想定される。

具体的な動きとして、サイン計画、旅客トイレの改良、エレベーター・エスカレーターの設定など利便性の改善や、店舗等の新たな商業スペースの創出、保育所や行政といった利用者のニーズに応えたサービスの設置、また線路横断自由通路などで駅が分断していた環境の改善や地域との共生など駅環境の改善があげられる。この中でバリアフリー化や新しい商業スペース創出の多くは既存建物の面積的な限界や旅客流動の確保のために人工地盤や線路上空建物の新設が必要となっている。当社では新たな人工地盤や線路上空建物の構築に対応するため平成15年度からソード工法（スライド工事とフロアダウン工事からなる線路上空建物の構築工法）が開発されている。現在ソード工法は本年度秋からの実施工に向けて準備段階に入っている。ハンドリングマシーンはこのソード工法に先駆けて上部鉄骨がスライドしていく 0 節及び 1 節の鉄骨独立柱の建方を行うことを主な目的とし

て開発された。

2. 線路上空建物構築の課題

前述した流れを主導していると言っても良い事業として、JR 東日本の「ステーションルネッサンス事業」がある。現在までのところ 18 駅で実施され、このうち当社では主な線路上空建物の西船橋駅、大宮駅、品川駅、高崎駅、大船駅の実績があり、現在は立川駅他を施工中である。これらの工事では計画初期段階から参画してきたにもかかわらず、コスト縮減や工期短縮、安全性の確保という課題が残った。現状では大まかに言って営業線上空での構築は更地の一般的な建物よりも工期は 3 倍、コストは 2 倍以上となっている。

ソード工法や本開発が対象としている鉄骨建方をみても、バスやタクシーが多い駅周辺での資材搬入、ホーム床や上家の仮設化、支障移転等の事前作業、毎夜の仮設撤去・復旧、安全性の確保、そして何よりもき電停止内作業（首都圏 1.5～2.5 時間程度、週 3～5 回）という時間的制約など非常に厳しい施工条件である。これらの実態を改善するためには「夜間作業を昼間作業に」すること、電線類・ホーム上家・電気機器などの「支障移転の削減」が必要条件となる。

3. 線路所空建物の構築方法

揚重方法からみると大きく 2 つに分けられる。1 つは「構外からの建方」である。敷地の外側に大型油圧クレーンやタワークレーンを設置し、ブームを伸ばし建方や資材の揚重を行う。この方法は人工地盤の床を最初に構築することがで

*1 エンジニアリング本部 建築技術部 鉄道計画グループ

*2 エンジニアリング本部 本部長付技術部長

*3 エンジニアリング本部 建築技術部 建築計画グループ グループリーダー

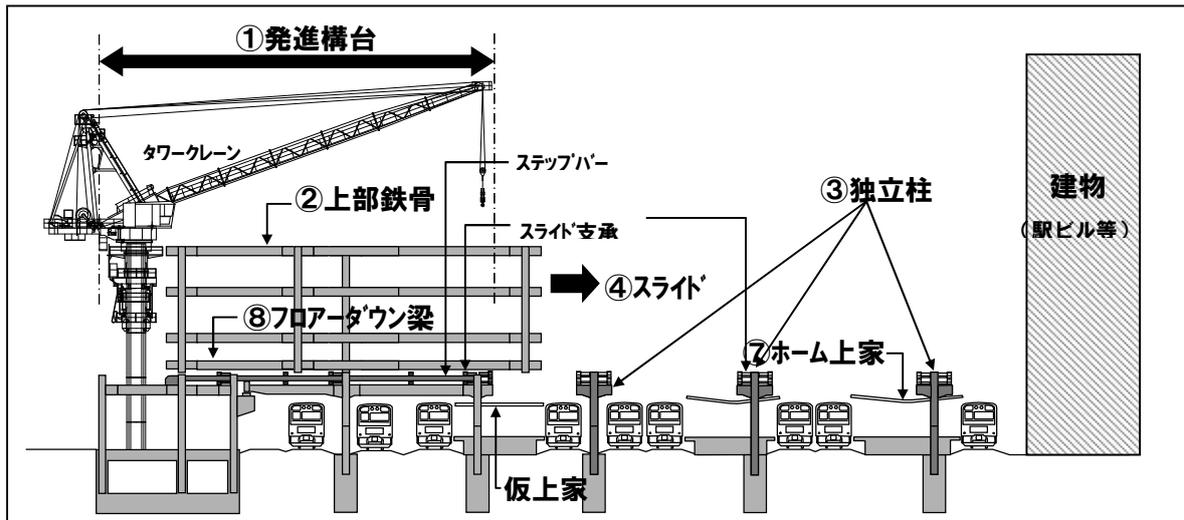


図-1 ソード工法の施工イメージ

き、コンクリートの打設により営業線への防護構台とすることが可能となる。また軌道面から行う作業が少なく安全性が高いといえる。

2つ目は「線間からの建方」である。線間に大型の軌陸クレーンを毎夜投入し建方を行う方法で、こちらは1つ目に比べ不利な面が多い。しかし、タワークレーン等のブーム長さには限界があるため、既存の駅ビルや駅舎・こ線橋などに囲まれて大型の油圧クレーンが寄り付かない場合や、タワークレーンを建てる場所がない場合、建物の構築範囲に奥行きがある場合などはこの方法を取らざるを得ないこともある。いずれについても線路上空建物はその構造的長から鉄骨重量は0・1節柱部分（杭天～人工地盤）で5～11t程度、梁については15t程度になることもあり揚重機は非常に大型となる。

後述するが、ソード工法はタワークレーンが鉄骨建方範囲の全域をカバーしないため0節・1節鉄骨柱（独立柱）については、線間からの建方が前提となった。

4. 開発のメリット

線間からの建方を採用したときポイントとなるのがいくつかある。最も重要なのがトロリー線やき電線等の電線類や、こ線橋等の基本的には動かさない支障物の問題である。支障し

ないように建てられる場合は良いが、前述したように通常は大型クレーンのため非常に厳しい条件を強いられる。これに対し本建方ではトロリー線の下からの作業でできるため支障せずに行えるようになっている。また毎夜クレーンを移動させるためにクレーンが侵入する線間進入口や留置場所が必要であるが、本建方で使用する重機は小回りがきき、従来よりこれらの占有面積が小さくてすむ。またアウトリガーのかわりにキャタピラで反力とるため、作業箇所周辺の線路覆工の面積も削減できる。さらに大型軌陸クレーンが旋回できないような単線や狭隘空間でも作業が行えるようになっている。

5. ソード工法と鉄骨独立柱について

ソード工法については鉄建技術研究報告(2005)に掲載されているので、詳細は割愛するが、次の特徴があげられる。①ホーム上家・電気機器類の盛替を削減することができる。②従来の夜間建方を昼間建方とすることができる。③従来の土木工事に用いられる手延べ機やガイド桁が不要である。④スライド量=18m/夜、ダウン量=3m/夜（共にき電停止作業を90分とした場合）の高速化を実現した。

施工手順は図-1に示すように、まず①発進構台部分の建方を行い（タワークレーンの作業

半径は構台まで), ②その上部でスライド部分の上部鉄骨を昼間作業で建てる。また同時期に③スライドする側では線間やホーム上で1節までの鉄骨独立柱を構築する。④その後, この独立柱に取り付けられたスライド支障上に上部鉄骨をスライドさせる。⑤さらに押出して空いた発進構台上で次のスパンを建て, ⑥もう一度スライドさせる。最後のスパンまで③から⑥の工程を繰り返し, 全てスライドしてから⑦既存のホーム上家を撤去し, ⑧人工地盤床の梁のみをフロアダウンさせる。本建方で対象としているのが, 上部を鉄骨がスライドしていく③の1節までの鉄骨独立柱である。

6. ハンドリングマシン

本建方では揚重機として新たに製作された大型ハンドリングマシンを用いる。建方を行う当夜, 構外や構内に設けた留置場所から線路覆工されている作業箇所まで軌陸走行させ, クローラ走行に切替え作業を行い, 作業後, 留置場所へ退避させる。

ハンドリングマシンの大きさは軌陸走行

姿勢で全長約11m高さ約3.9m。クローラに切替えた作業姿勢では最大全長11.4m, 最大高さ4.6mである(図-2)。ベースマシンとしては0.7m³クラスを使用している。マストの伸縮は1.2mまで, アームの伸縮は1.0mまで可能である。マシンの手首に当たるフロント部の可動範囲はチルト角度が上下90度, アンギリング角度は左右80度(ロックピン差換え式)の性能をもつ。フロント部の360度旋回と合わせて3次元で制御することが可能である。鉄骨の把持(つかむ)位置は最大7.0mである。また上下方向は鉄骨柱(垂直に建てるもの)の場合, 把持中心が最大高さ7.8m(レール上), 最小高さは0.4m(同左)まで起伏する。またつかむ力は把持姿勢によるが最大7.8tあり, 既存ホームでの建方に十分対応できる性能を保持している。その他, 負荷状態でも停止状態と同様の把持力で走行することが可能であり, クローラの利点を発揮している。

7. ハンドリングマシンによる工事の流れ

7.1 事前作業

ハンドリングマシンによる建方工事の事前作業は主に3つある。まず線路覆工を必要範囲行う。この線路覆工については杭などの施工と兼用するが, ハンドリングマシンが鉄骨を把持する位置や建方位置を想定して計画する。次に柱周囲のホーム床を仮設化し, 仮ホーム上家を設置する。マシンのアームの旋回や建方時を想定して計画する。これらの開口は通常, 建方位置からハンドリングマシンの位置側に2m程度必要となる。また各現場の線路閉鎖時間やき電停止間を考慮し建方当夜に仮ホーム床と仮上家を撤去・復旧できるようにする必要がある。次に深礎杭やTBH・リバース工法などで場所打ち杭を構築し, 所定の位置までコンクリートを打設する(図-3の①)。

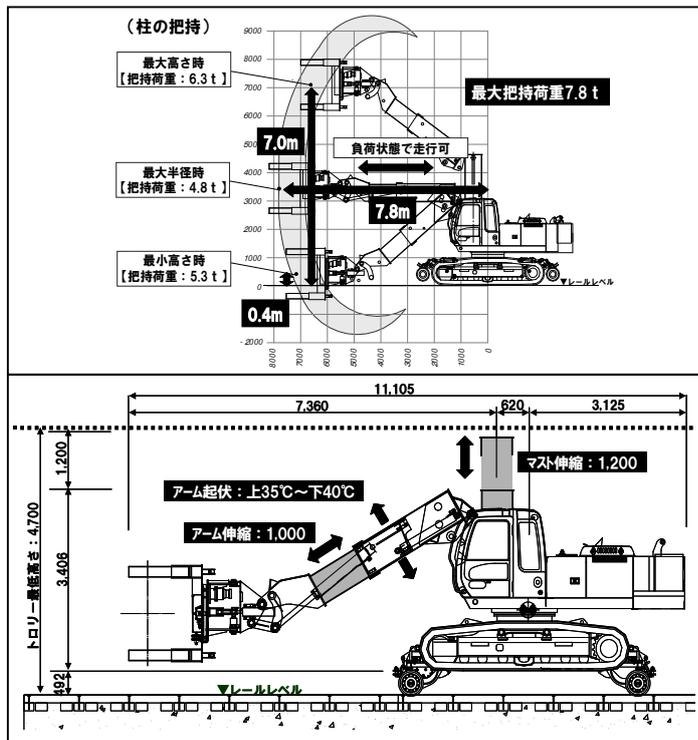
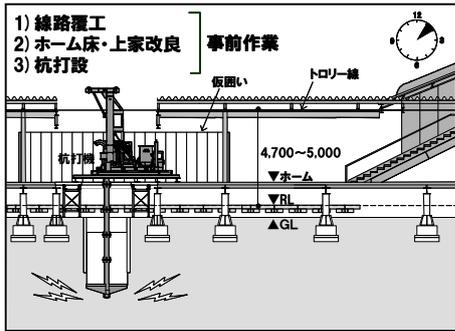
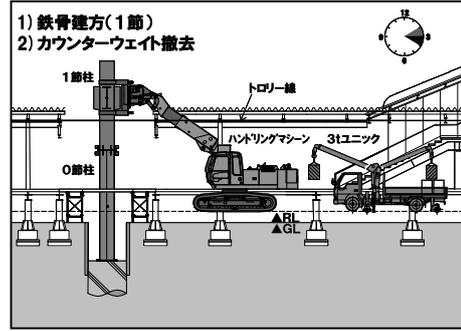


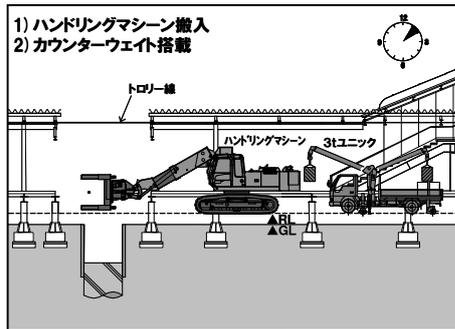
図-2 ハンドリングマシンの性能



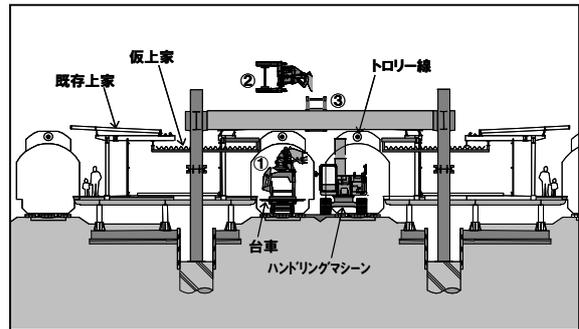
①



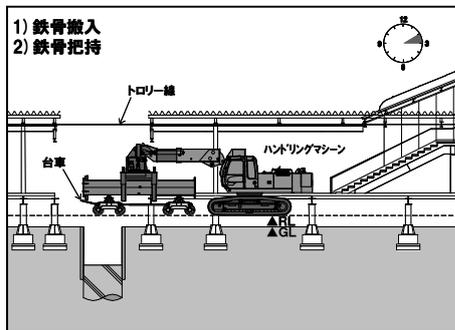
⑤



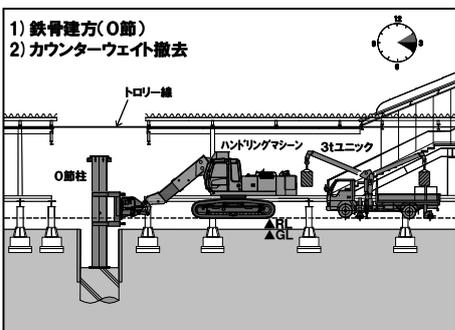
②



⑥



③



④

図-3 建方工事の流れ

7.2 建方当夜の線路閉鎖作業

建方を行う夜、線路閉鎖作業で仮囲いの撤去、仮ホーム上家の折版などの撤去、続いて仮ホーム床（0節建方のみ）を撤去する。

線路閉鎖後ハンドリングマシーンを載線し軌陸走行させ搬入させる。続いてハンドリングマシーンをクローラに切替え、リミッターをつけた移動式クレーンなどで後部にカウンターウェイトを搭載する（図-3の②）。カウンターウェイトは作業性と負荷重等を考え8分割されており試行ではフルセットの積載時間が17分、撤去が15分であった。

またハンドリングマシーンの搬入と同時に鉄骨の搬入も行う。搬入方法は施工条件にもよるが、ホーム上を運搬台車に乗せ搬入する方法や、軌道上を軌陸台車で運ぶことが考えられる。ホーム上を運ぶ場合、ホーム間の渡りやホームの補強、段差の有無を確認し計画を立てる。

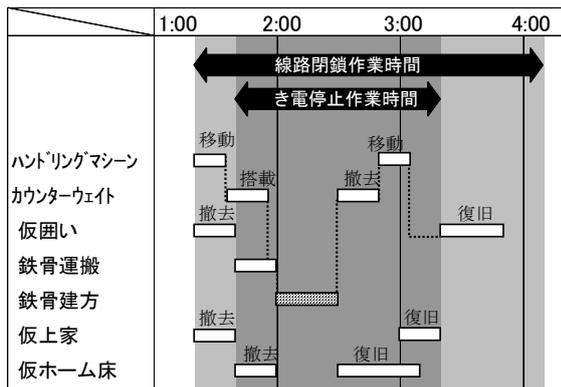


図-4 建方当夜のタイムスケジュール

7. 3 建方当夜のキ電停止作業

次にハンドリングマシンによって建方を開始するが、ハンドリングマシンのアームが駆動するため、ここからはき電停止作業となる。まず作業のしやすい場所で鉄骨を把持し（図-3の③）、所定の位置まで移動し、更に水平状態の鉄骨を垂直に回転させながら建て位置まで近づける。このときトロリー線と接触しないように杭穴やホーム上家の開口を利用して建起こす。最終的にマストの上下方向のみの操作で1次元的に下ろせるように建入を調整し、マストを下降させる（図-3の④、⑤）。続いて0節はアンカーボルトを、1節はエレクションピースを仮締めし、ハンドリングマシンの把持力を解除し、応力を開放する。（鉄骨の倒れ防止のため完全に爪を抜かない）最後に0節はアンカーボルトを締め、1節はエレクションピースを締めた後、建入れ直しも可能な油圧ジャッキを設置する。ハンドリングマシンを走行可能な姿勢に直し、き電停止内作業は終了する。本設条件化の試行では、鉄骨把持から走行姿勢に至るまで0節は30分、1節は40～50分で行った。

7. 4 き電停止解除後の線路閉鎖作業

最後に装着と同様の方法でカウンターウェイトを撤去後、ハンドリングマシンを留置場所まで退避させると同時に、仮ホーム上家の復旧、仮ホーム床の復旧（0節建方のみ）、続いて仮囲いを復旧し建方作業は終了する。



写真-1 建方試行

7. 5 人工地盤の梁

ソード工法では必要ないが、上記と同様に人工地盤部分などの梁も架けることが可能である（図-3の⑥）。

8. 習熟訓練

本建方は日本で初めて行われる工法であり、かつ厳しい条件下で施工することを勘案して、建方の試行を兼ねたオペレーターの習熟訓練を行った（写真-1）。訓練では鳶らにもハンドリングマシンの基本的な性能や合図の仕方、非常脱出装置（油圧ユニット）の装着方法などを理解してもらうことができた。また試行後、ハンドリングマシンはいくつかの点を改良し、初めての実施工に臨む準備を行っている。

9. まとめ

本開発によりトロリー線やキ電線等を移転することなくソード工法独立柱の建方を行うことが可能となった。また大型クレーンの留置場所や進入口がない箇所でも施工を可能とした。

今後は、ソード工法と合わせて、適用可能プロジェクトへ計画初期段階からの技術提案を行いながら、ソード工法以外の建方工事、杭工事、解体工事などへ適用拡大を図るための検討を進めていきたい。

最後になりますが、開発にあたり貴重なご助言とご協力を頂いた方々に心より感謝を申し上げます。