

ソード工法の実用化

古川 淳^{*1}・中島 英一^{*1}・東川 正之^{*1}石渡 康弘^{*2}・飯野 実^{*1}

概 要

線路上空建物を構築する場合、列車停止時間の夜間に行われることが多い。そのため、作業効率が悪くなり、長期の施工期間が必要となり、一般的に建設コストが高くなる。ソード工法は、構台上で鉄骨建方を行い、線路上空へスライドをさせて建物を構築する工法である。本工法を用いることによって、夜間作業が最小限ですみ、工期短縮・コスト削減が図れる。

本報告は、ソード工法の実用化を図るために行った各種の実験および実験結果について報告するものである。実験の結果、スライド時間、スライドジャッキの良好な連動性を確認し、スライド時の摩擦係数等を把握することができた。

キーワード：線路上空建物，鉄骨建方，スライド

Practical application of the SWORD technique

Jun FURUKAWA^{*1} Hidekazu NAKAJIMA^{*1} Masayuki HIGASHIKAWA^{*1}Yasuhiro ISHIWATA^{*2} Minoru IINO^{*1}

Abstract

Work to construct buildings over railway tracks is often done at night when trains are not in service. Consequently, the work cannot be done efficiently, lengthening the project and increasing the cost. By the SWORD (Slide-Work Over a Railway and Down) method a steel structure is erected on a platform and slid upward over a railway track. This method is capable of minimizing the work at night, thereby reducing time and cost.

The authors conducted construction tests by the SWORD method and investigated its potential for practical use. The experimental results demonstrated that the method performed well in terms of sliding time, interlocking of slide jacks and frictional force.

Keywords: building over railway track, erection of steel structure, slide

^{*1} Architectural Technology Department, Engineering Division

^{*2} Environment Engineering Group, Engineering Technology Center, Engineering Division

ソード工法の実用化

古川 淳*1・中島 英一*1・東川 正之*1

石渡 康弘*2・飯野 実*1

1. はじめに

線路上空建物の構築は、電車の運行に支障なく、安全に施工しなければならない。そのため鉄骨建方工事は、電車の運行されない夜間に短時間で行う必要があり、施工能率が悪く、コスト高・長工期の原因になっていた。

本工法は、発進構台を設け、鉄骨の上部構造物を、昼間作業により発進構台上で建て込み、夜間、線路上空にスライドさせることで、安全性を確保したままコスト・工期の低減を可能にする線路上空建物構築工法である。

本報告では、ソード工法の実用化に向けて行った施工実験及び結果について報告するものである。

2. 工法の概要

2. 1 工法の特徴

本工法の特徴は、従来のトラベリング工法や手延べ工法に比べて、工事に先行するガイド桁等の仮設材を設置すること無く、構造体がスライドしてせり出し、効率よく施工できるところにある。スライド方向は、線路方向、線路直交方向ともに可能である。実作業時間は、首都圏内での夜間・き電停止状態となる時間を 90 分と仮定し、前後の点検等の作業を除くと実質 60 分以内となる。本工法はこの時間内に、約 20 m のスライドができる能力を有している。

2. 2 施工手順

施工手順を図-1に示す。タワークレーンの旋回範囲に、本設の鉄骨を利用した発進構台を設ける。発進構台上で、AC間の鉄骨建て方を昼間作業で行い、夜間作業でC通りまでスライ

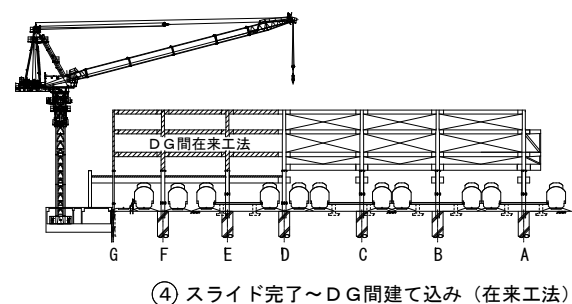
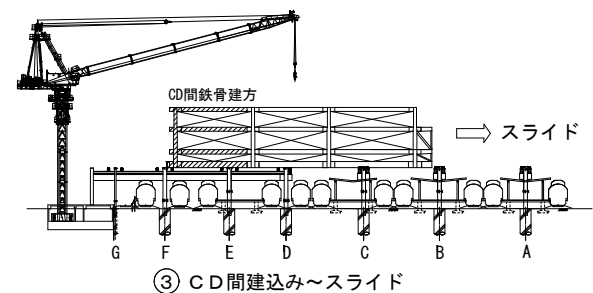
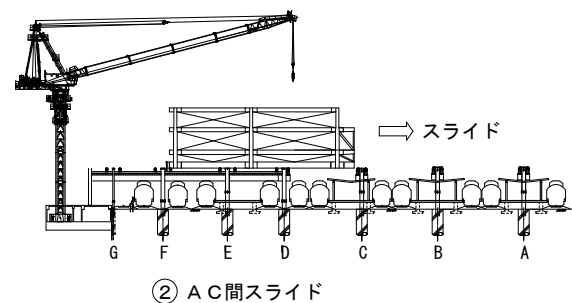
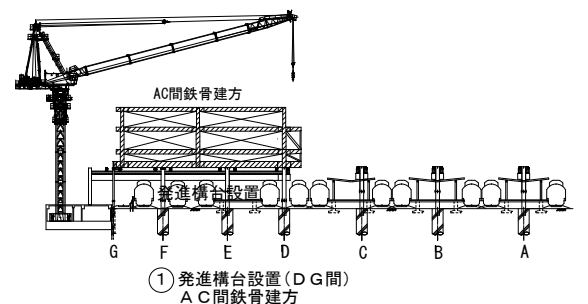


図-1 施工手順

*1 エンジニアリング本部 建築技術部

*2 エンジニアリング本部 技術センター

ドする。その後、発進構台上で後続部分 CD 間の、鉄骨建て方を昼間作業で行い、夜間作業で A 通りまでスライドを行い、スライド工事を完了させる。

DG 間は、タワークレーンの旋回範囲となるので、在来工法で、鉄骨建て方を行う。

スライドさせる構造体は、スライド時に片持ち状態になるので、先端の撓み量を押えるため、ブレース等で補強を行う。先端の撓み修正は、独立柱のブラケット上に設けた鉛直ジャッキで行う。

3. スライド装置

3. 1 スライドシステム

スライド装置は、スライドジャッキ、ステップバー、制御盤で構成され、荷重・スライド量・速度・スライドの状況などを管理する。

スライドジャッキは、スライドする上部構造物の後部に、ジャッキ受け架台を介して取り付けら

れ、押し引き両方に対応している。ステップバーは発進構台に固定されており、ピン穴にピンブロック部のピンを抜き差ししながら、スライドさせる。ステップバーには、常に引張り力のみが作用する。

3. 2 スライド機構

図-2に、スライドジャッキの動作を示し、動作の概略を説明する。まず、スライドジャッキのピンをロックし、ピンブロック部を固定する。次に、油圧ジャッキを伸ばしスライドさせる。この間、上部構造物がスライドし、スライド量はピン穴間隔の 1m となり、約 67 秒で押し出す。次に、ピンのロックを解除し、ピンブロック部がフリーとなる。そこで油圧ジャッキを縮め、ピンブロックを引きつけるが、この間上部構造物は停止している。次のピン穴の位置までくると、自動的にピンがロックされ 1 サイクルを完了する。このサイクルを繰り返してスライドさせる。

3. 3 制御システム

スライド時の制御、計測は各スライドジャッキに取り付けられた変位計、ロードセルからの信号より情報を得て、集中制御管理を行うシステムとした。

スライドジャッキの全体制御システムは、先行するジャッキに送る油量を自動制御で制限し、各スライドジャッキの位置が 2~5mm の範囲で同期するように管理しているが、スライド量の差がジャッキ間で 5mm を超えると、自動で緊急停止する。

各計測値は集中制御室のジャッキ計測モニタ

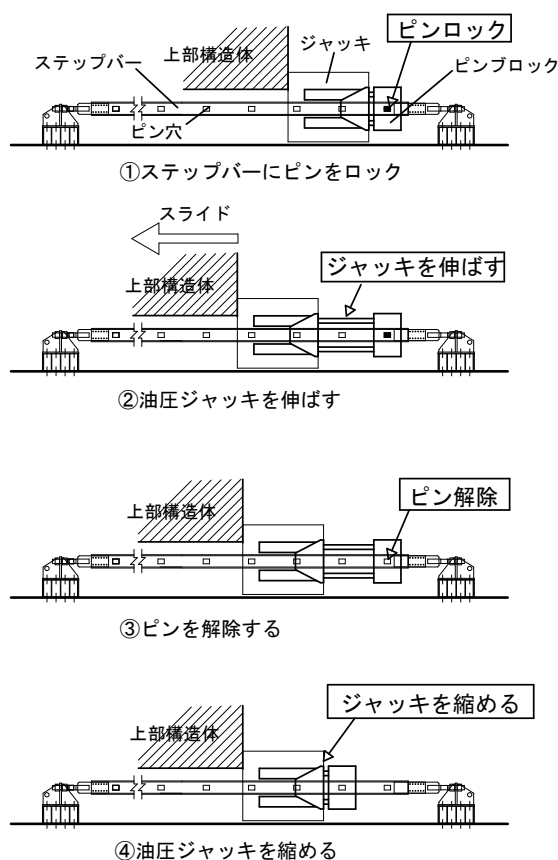


図-2 スライドジャッキ動作



写真-1 集中制御室風景

一に表示されるほか、ピンのロック状態等も監視でき、各ジャッキで異常値が観測された場合には集中制御室から緊急停止させる。

4. 工期・コスト

駅関連工事プロジェクト5件について、本工法を適用することで、工期短縮とコスト低減の効果を得られるか検証した。検証に当たって、本工法と比較する在来工法モデルは、一般に採用されている建て逃げ工法とした。

表-1に、各プロジェクトの工期・コスト比較表を示す。

プロジェクトの延べ床面積の規模としては、大きいもので約1万平方メートル、小さいものでは数百平方メートルのものまで含まれている。階数は、6階建てから軌道階のみの自由通路と様々なケースがある。

比較件数が 5 件と少ないが、規模が大きく、階数が多いほど効果が顕著になる傾向がある。対象としたプロジェクトの検証結果から、工期は 5～33%削減、コストは鉄骨工事費の 5～10%削減が可能である。

5. 実験計画

5. 1 試験体概要

図-3に示すように建物スライド部はスライド方向 16m(8m×2 スパン)、スライド直交方向 11.5m(5.75m×2 スパン)、高さ 3 層 7.15m で、重量約 770kN である。独立柱上のスライド面は基礎レベルより約 4.1m の高さにある。

スライドシステムとしてスライド能力 800kN/台のスライド装置 4 台、MC ナイロンを使用したスライド支承 21 基を使用した。スライド支承の内、独立柱上 12 基はレベル調整用ジャッキ内蔵型支承、発進構台上 9 基は高さ固定型支承である。スライド行程は 1 スパン分 (8m) とした。

実験ケースとして、〔ケースⅠ〕建物スライド部の大梁下面を直接走行面とした場合と、〔ケースⅡ〕大梁下面を 2.0mm のステンレスシー

表-1 コストと工期比較

規模・条件	鉄骨工事 コスト	工程
商業施設＋駅施設 軌道階＋3層 延面積 約 9000m ²	約 10%減	約 33%減
商業施設＋駅施設 軌道階＋5層 延面積 約 5400m ²	約 5%減	約 25%減
自由通路 軌道階 延面積 約 600m ²	約 2%減	約 5%減
商業施設＋駅施設 軌道階＋2層 延面積 約 8600m ²	約 6%減	約 25%減
商業施設＋駅施設 軌道階＋1層 延面積 約 5400m ²	約 5%減	約 27%減

トでカバーした場合の2ケースとした。両者を比較することで、摩擦係数の違いを確認した。どちらのケースも走行面には潤滑材としてグリスを塗布した。

5. 2 計測・確認項目

実験では、①スライド施工時間、②スライド時の直進性、③変形量の数値解析値との比較、

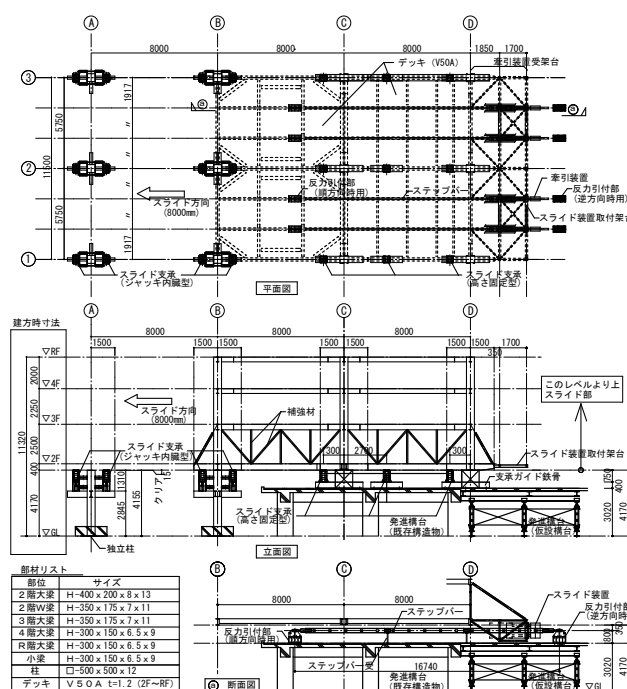


図-3 試験体形状



写真-2 試験体全景



写真-3 ジャッキ部分

④各スライド装置の連動性、⑤スライド支承の摩擦係数等を確認した。

スライド方向の移動距離は、スライド装置本体に制御システムとして組み込んでいる巻線型変位計(ステップバーの1ステップ単位を計測)とスライド部後部に取り付けた巻線型変位計(スライド開始から終了までの距離を連続計測)によって計測した。各スライド装置のジャッキ荷重はステップバー先端に制御システムとして組み込んでいるロードセルによって計測した。

②③の確認に必要なスライド部先端の水平変位・鉛直変位は、レーザー変位計と電子スタッフで連続的に計測したが、さらに途中何回かスライドを停止させ、より精度の良いロータリーエンコーダ・光波距離計併用式の3次元測定器により静止状態で計測した。

6. 実験結果・考察

6.1 スライド時間

経過時間と移動距離の関係を図-4に示す。図中で1m毎の短い停止時間はスライド装置のジャッキ盛替え時間である。8mのスライドは

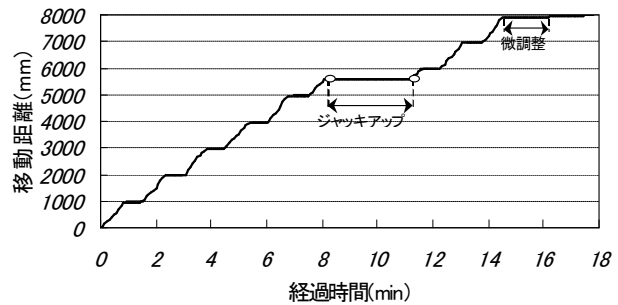


図-4 経過時間と移動距離

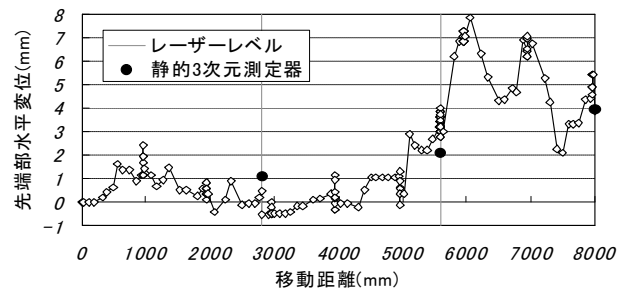


図-5 スライド先端部の直交方向ずれ変位

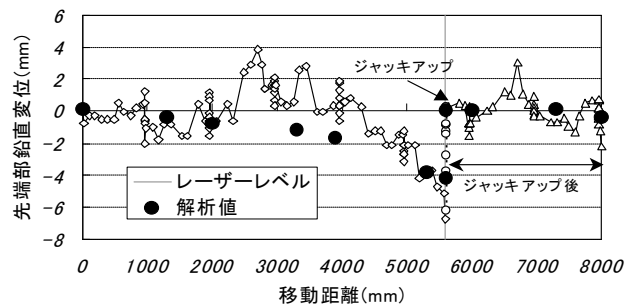


図-6 スライド先端部鉛直変位

約18分で完了している。この結果から、本工法で想定している最大スパン20mでも1時間以内に完了可能であると考えられる。

6.2 スライド先端部スライド直交方向ずれ変位

図-5にスライド先端部のスライド直交方向ずれ変位を示す。この工法ではスパン間は無軌道であるため、スライド距離が大きくなると徐々に変位が増加し、最大8mm程度の変位が発生したが、その後独立柱に設置されたスライドガイドによって軌道修正され、最終変位は約4mmにおさまった。

6.3 スライド先端部鉛直変位

図-6にスライド先端部の鉛直変位を示す。ジャッキアップ作業直前の5.6m位置で最も大

きく約 5mm であった。数値解析では 5.6m 位置で最大値 4.2mm となっており、実験結果に対しほぼ一致した。

6. 4 各牽引装置の連動性

図-7 に各スライド装置のジャッキ荷重を比較して示す。1m 毎に荷重が下がっているのはジャッキ盛替え位置である。4 台のスライド装置は各装置ともスライド全行程において 22kN~33kN くらいの範囲内でバランス良く荷重を負担している。これは装置の制御システムが各スライド装置のジャッキのストロークを適切に制御し、連動性を維持できているためであると考えられる。

6. 5 摩擦係数

図-8 にスライド装置ジャッキ荷重の合計をスライド部の全重量で割り算出した摩擦係数(μ)を示す。ケース I では摩擦係数は静摩擦 $\mu=0.20$ 動摩擦 $\mu=0.14$ 程度となった。ケース II では静摩擦 $\mu=0.07$ 動摩擦 $\mu=0.06$ 程度となり摩擦係数が大幅に低減されることがわかった。ケース II のステンレスカバー取り付け方式はスライド時のジャッキ荷重が低減されるほか、スライド完了後のグリス除去作業の省力化が図れるため非常に有効な手段である。

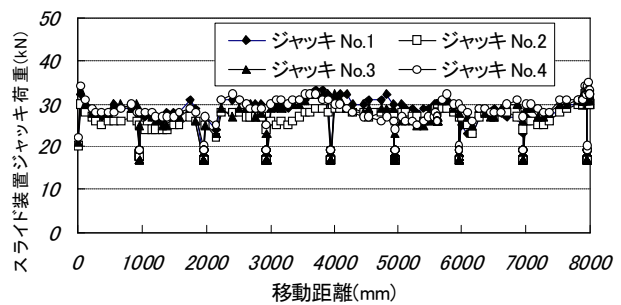


図-7 各ジャッキ荷重

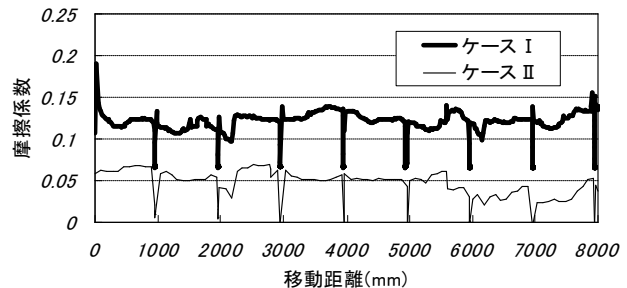


図-8 摩擦係数

7. まとめ

本工法を採用することで、コスト削減、大幅な工程短縮が可能な事を確認した。

施工実験の結果より、本工法は線路上空建物を構築するのに有効な工法であることが確認できた。今後さらなるスライド精度の向上と、実物件毎の個別条件を考慮したより良い工法へレベルアップしていきたい。