

線路上空床版施工法の開発

石渡康弘*1・尻無濱昭三*2・福島文男*3・大竹徹*4

概 要

本研究は、ソード工法の効率化を目的として、H鋼クランプジャッキと水平油圧ジャッキをシステム化したステップバー方式に変わる新しい推進システムを提案するものである。

新推進システムの基本的な性能などを確認するための実証実験を行った結果、H鋼クランプジャッキの定着・開放および水平油圧ジャッキの推進・盛替えは、制御プログラムにより問題なく作動することが確認された。また、軸力作用時においても、無負荷時と同等の推進能力があり、既存技術と同等の移動速度を確認することができた。さらに、手動による操作ではあるが、ジャッキの盛替え時間が無く、連続スライドが可能であることを確認した。

キーワード：ソード工法，線路上空建物，スライドシステム，工期短縮

DEVELOPMENT OF A CONSTRUCTION METHOD FOR THE FLOOR SLAB OF AN
OVER-TRACK BUILDING

Yasuhiro Ishiwata, Shozo Shirinashihama, Fumio Fukushima, Toru Otake

Abstract

In order to promote efficiency of the SWORD method, this study proposes a new thrust system to replace the step-bar method that employs a systematic use of H steel clamp jacks and horizontal hydraulic jacks. The result of an experiment to confirm the basic performance, etc. of the new thrust system proves that there is no problem in the anchorage and release of H steel clamp jacks and the thrust and replacement of horizontal hydraulic jacks thanks to the control program. In addition, it was confirmed that the thrust force when an axial force was applied was equal to that without a load, and that the new system provides speed equal to existing technology. Moreover, we confirmed that the new system does not require time to replace jacks and enables successive slide operation even with manual operation.

Keywords: SWORD method, over-track building, slide system, shortening of construction time

*1 Environment Research and development Group, Engineering Department, civil engineering Division

*2 Manager, Architectural Technology Group, Architectural Department, Architectural Division

*3 Manager, Railway Planning Department, Railway Project Office

*4 Manager, Railway Architectural Group, Architectural Department, Architectural Division

線路上空床版施工法の開発

石渡康弘*1・尻無濱昭三*2・福島文男*3・大竹徹*4

1. はじめに

線路上空床版施工法として、JR立川駅コスモス工事（平成20年5月竣工）で使用したソード工法（JR東日本・鉄建・巴コーポレーション・巴技研）がある。立川駅コスモス工事では施工時間、施工精度など全てにおいて計画通りの結果が得られた。しかし、ステップバー方式による推進システムでは、ジャッキの盛替え時間でタイムロスが生じるため、更なる効率化が求められている。

そこで、今回ソード工法の改良・改善として、推進装置に着目して、既存開発技術に替わり、推進システムの効率化を目的にH鋼クランプジャッキと水平油圧ジャッキをシステム化した新しい推進システムを提案し、実証実験を実施して基本的な制御関連技術ならびにジャッキ装置の改良点などを確認した。

2. 推進システムの効率化

従来のソード工法は、図-1、写真-1に示すように、ステップバーと上下2台の油圧ジャッキ（以下、ツインジャッキ）で構成された装置で推進するシステムである。装置の構成上、1mごとにステップバーを介してジャッキの盛替えを行うために、実際にスライドさせる距離の二倍の時間が必要であった。また、ツインジャッキは特殊なジャッキであり、製作費が高いため、施工コスト削減のためにも、より汎用性の高いジャッキを使った推進システムへの改良・改善が望まれている。

そこで、現在のソード工法のステップバー方

式に替わり、橋梁工事の桁の横取り等で実績のあるH鋼クランプジャッキと水平油圧ジャッキを組み合わせ、発進構台上の反力架台に取り付ける新しい推進装置（図-2）を開発した。

本装置は、建物のスライド時は、本設のスライド階の梁の下フランジ、もしくは下端にガイド梁を取り付け、その梁をH鋼クランプジャッキが直接掴んで、水平油圧ジャッキにより、構造体をスライドさせるシステムである。

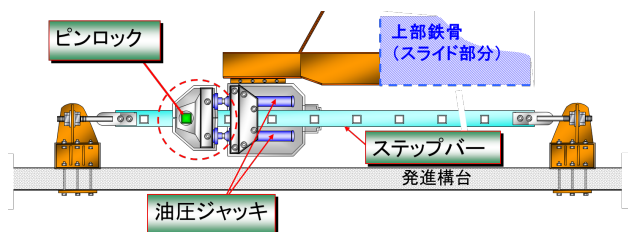


図-1 ソード工法の推進装置概要



写真-1 ソード工法の推進装置概要

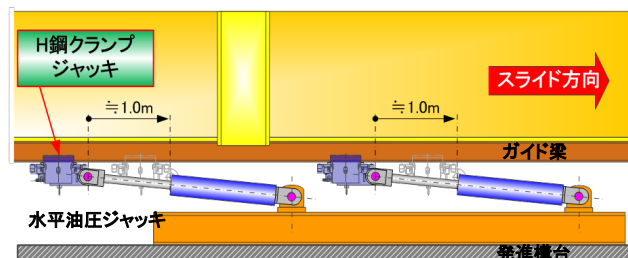


図-2 新たな推進装置の概要

*1 土木本部 エンジニアリング部 環境研究開発グループ

*2 建築本部 建築部 建築技術グループ 担当部長

*3 鉄道統括室 鉄道企画部 担当部長

*4 建築本部 建築部 鉄道建築グループ グループリーダー

新推進装置は、単体で使用するほか、複数台を直列に並べてシステムを連動させることで、ジャッキの盛替え時間を不要とし、一定速度での推進を可能としている。また、新推進装置を並列に配置(増設)することで、構造物の規模、重量に応じた対応が可能となる。

3. 実験概要

3.1 実験装置概要

本開発では、新推進システムの基本的な性能を確認するために、新推進装置(H鋼クランプジャッキ+水平油圧ジャッキ)の制御プログラムの確立、基本性能・動作・操作性の検証を行うと同時に、現場施工時の適用性の検証を行った。

実験装置の概要を図-3に、外観を写真-2に示す。実験装置は全て鋼製山留め材を用いた。上部構造を想定した15m×2mの口型の山留め材を6台のスライド支承で受け、上から鉛直ジャッキにより所定の軸力を加えた。また、スライド支承にはソード工法と同様MCナイロンを用いた。新推進装置およびスライド支承、鉛直ジャッキを写真-3に、新推進装置の仕様を表-1に示す。

3.2 性能確認項目

性能確認は以下三項目を中心に実施した。

①基本性能の確認

自動制御による、H鋼クランプジャッキの定着・開放および、水平油圧ジャッキの推進・盛替えの確認。

H鋼クランプジャッキ1台と水平油圧ジャッキ1台を1セットとし、2セットを直列に設置した場合・並列に設置した場合の動作確認。

②鉛直荷重載荷時の確認

実施のスライドを想定して、鉛直ジャッキにて軸力を載荷した状態での動作確認。

③ソード工法への対応の確認

ソード工法の動作速度の実績、 $V=15\text{mm/sec}$ での動作確認。

また、その他不具合発生時の非常停止などの確認を実施した。

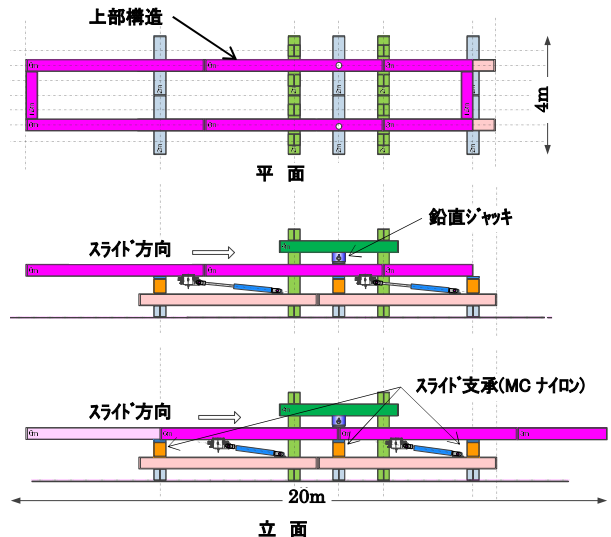


図-3 実験装置



写真-2 実験装置の外観

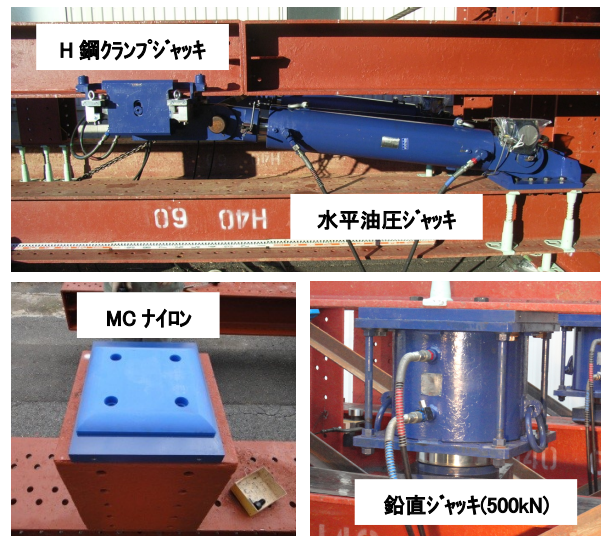


写真-3 新推進装置およびスライド支承

表-1 新推進装置仕様一覧

		水平油圧ジャッキ		H鋼クランプジャッキ	
型 式		JTP-100100		HC50改(400H仕様)	
ス ト ロ ーク		1,000mm			
能 力	引 側	1,000kN	水平耐力	500kN	
	押 側	400kN			
必 要 油 量	引 側	20.5ℓ/min			
	押 側	28.4ℓ/min			
使 用 台 数		4台		4台	

4. 実験結果

4.1 実験結果の概要

実験は基本的に図-4に示す制御フローによる自動制御により行った。自動制御装置および制御画面を写真-4に示す。

実験は基本性能確認の実験-1、鉛直荷重時確認の実験-2、ソード工法への対応確認の実験-3および、ジャッキ盛替えを不要とするため実験-4として、手動による連続運転を実施した。表-2に実験結果一覧を示す。表中の移動方向において、引き方向は実際のスライド方向を、押し方向は戻す方向を示す。

本実験の基本仕様は、水平油圧ジャッキ2台に対し、電動ポンプユニット1台のシステム構成となっており、動作速度は、 $V=9\text{mm/sec}$ を目標とした。ただし、実施工では立川駅コスモスでの施工実績 $V=15\text{mm/sec}$ 以上が最終目標であるため、実験-3では水平油圧ジャッキ1台に対し、電動ポンプユニット1台のシステム構成とし、 $V=15\text{mm/sec}$ 以上を目標とした。

表-2より、実験-1および実験-2での移動量3.6mに要した時間は433秒となり、それぞれ移動速度は 8.33mm/sec 、 8.32mm/sec となった。この移動速度にはH鋼クランプジャッキの定着・開放（H形鋼の下フランジを掴んだり／離したり）時間が含まれている。純粋に移動だけに費やされる1サイクルの平均移動速度は 9.15mm/sec 、 9.17mm/sec となり、目標性能を満足した。また、実験-2では建物自重を想定して、鉛直荷重100kNを付加したが、移動速度に影響はみられなかった。

図-5に実験-1の移動量と経過時間の関係を示す。同図には、ポンプおよびジャッキ能力から算出した計算値も併せて示す。図より実験では計算値より早く目標移動量に達していることが確認できる。この結果は、実験-2でも同様に確認された。これらのことから、H鋼クランプジャッキの定着・開放および、水平油圧ジャッキの推進・盛替えは制御プログラムにより問題なく作動することが確認された。

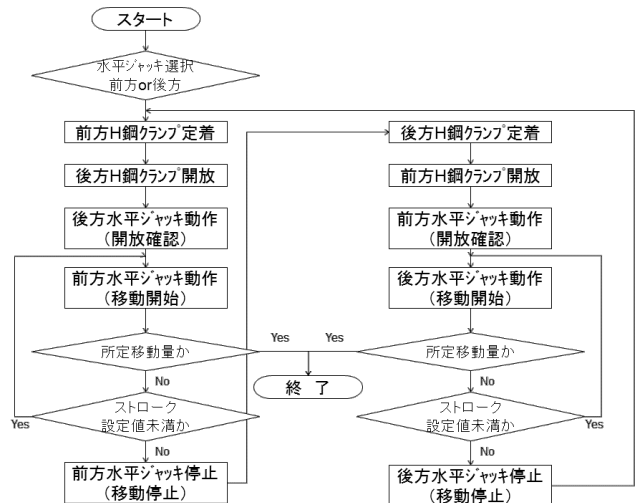


図-4 制御フロー



写真-4 自動制御装置・画面

表-2 実験結果一覧

実験項目	移動方向	移動量	所要時間	移動速度		1サイクル平均移動速度	
		(mm)	(sec)	(mm/sec)	(mm/min)	(mm/sec)	(mm/min)
実験-1 基本仕様 鉛直: 無負荷	a)引き方向	3.606	433	8.33	499.7	9.15	549.0
	b)押し方向	3.605	566	6.37	382.2	6.88	412.8
実験-2 基本仕様 鉛直: 500kN	a)引き方向	3.604	433	8.32	499.4	9.17	549.9
	b)押し方向	3.604	567	6.36	381.4	6.86	411.9
実験-3 倍速モード 鉛直: 無負荷	a)引き方向	3.607	255	14.15	848.7	16.40	981.7
	b)押し方向	3.607	317	11.38	682.7	12.61	756.6
実験-4 連続運転モード 鉛直: 無負荷	a)引き方向	3.477	572	6.08	364.7	-	-
	b)押し方向	-	-	-	-	-	-

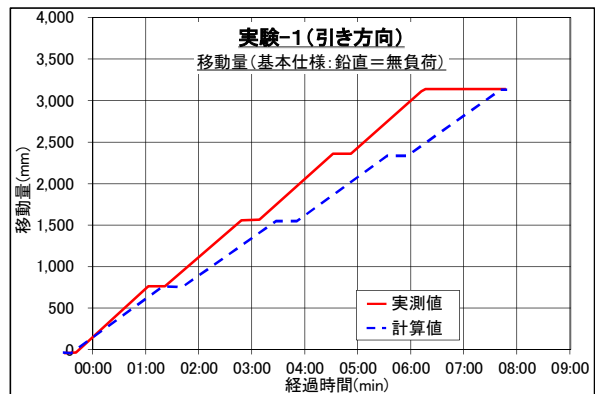


図-5 移動量-経過時間関係 (実験-1)

図-6に実験-3の移動量と経過時間の関係を示す。同図には、計算値と比較の為の通常モード(実験-1)の値も併せて示す。図より水平油圧ジャッキ1台に対し、電動ポンプユニット1台のシステム構成にすることにより、計算通りほぼ倍のスピードが確保できることが確認できた。

図-7に実験-4の移動量と経過時間の関係を示す。同図には、計算値と比較の為の通常モード(実験-1)の値も併せて示す。図より手動制御ではあるものの、クランプジャッキの定着・開放のタイムロスをして0にし、連続スライドが可能であることが確認できた。

4.2 摩擦係数の推定

図-8に実験-1(鉛直力無し)、実験-2(鉛直力=500kN)の推進力(水平油圧ジャッキの負荷)と移動量の関係を示す。図より、実験-2と実験-1の推進力の差は約50kNとなる。このことから、本実験時の動摩擦係数 μ は、

$$\mu = 50\text{kN} / 500\text{kN} = 0.1$$

となる。

更に本実験では鉛直力を付加するために上部にもスライド支承を設けているため、MCナイロン一面当りの摩擦係数は半分の約0.05となり、ソード工法の実績値(約0.10)以下であることが確認できた。

5. まとめ

ソード工法の効率化を目的として、H鋼クランプジャッキと水平油圧ジャッキをシステム化したステップバー方式に変わる新しい推進システムを提案し、基本的な性能などを確認するために実証実験を行った。

実証実験の結果、以下の事項を確認することができた。

- (1) H鋼クランプジャッキの定着・開放および、水平油圧ジャッキの推進・盛替えは、制御プログラムにより問題なく作動すること。
- (2) 500kN(水平油圧ジャッキ能力の約50%)の荷重積載時においても、水平油圧ジャッ

キは無負荷時と同等の推進能力があること。

- (3) 無負荷の実験との差からMCナイロン一面当りの摩擦係数は約0.05となり、ソード工法実績値(約0.10)以下であること。
- (4) 水平油圧ジャッキ1台に対し、ポンプユニット1台のシステム構成により、ソード工法と同等の移動速度が得られること。
- (5) 手動による操作であるが、連続スライドが可能であること。

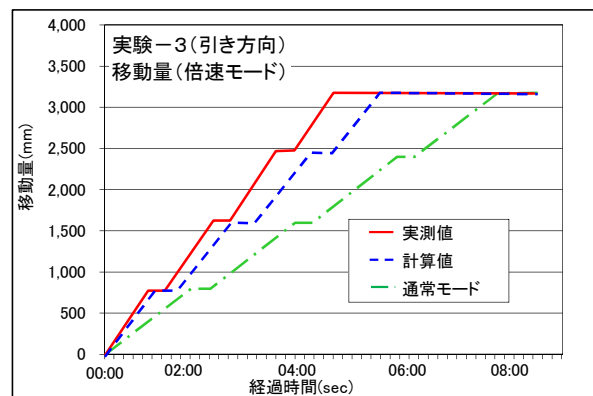


図-6 移動量-経過時間関係(実験-3)

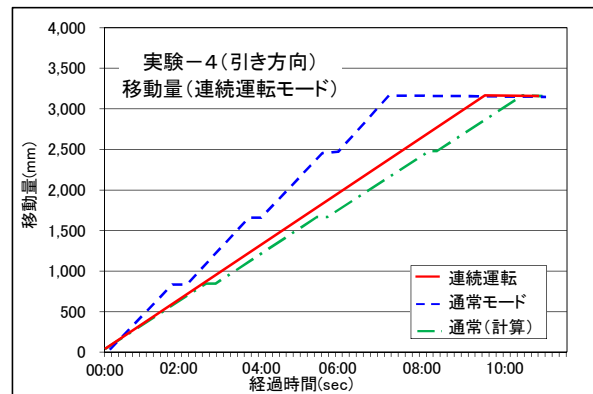


図-7 移動量-経過時間関係(実験-4)

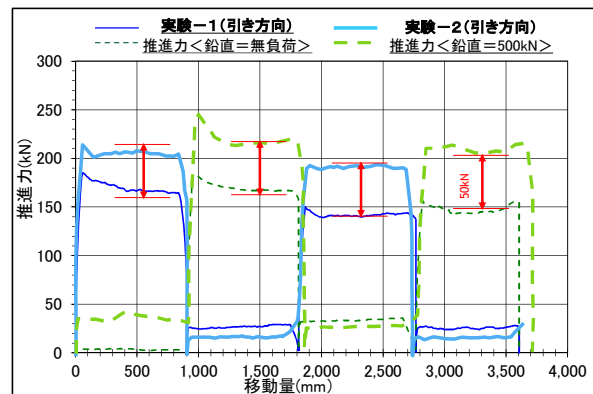


図-8 推進力-移動量関係(実験-1,2)