

## 20. スリップフォーム工法による連続鉄筋コンクリート舗装～東名高速道路新日本坂トンネルコンクリート舗装工事～

日本舗道(株)：梶原 覚, \*大西 秀樹  
ニッポメックス(株)：工藤 真

### 1. はじめに

スリップフォーム工法は、予め組み立てられた型枠及び、レールを用いることなくコンクリート舗装の敷き均しと締固めと成形を1台の機械にて施工することができる方法である。施工高さ及び、走行のためのステアリング角度を自動制御することでアスファルト舗装に匹敵する平坦性を得ることができる。さらに、施工性が非常に良く、レール、型枠の設置及び、機械の操作に掛かる労力を減らすことで少人数で高い施工能力を発揮することができる。このことから近年、日本における労働者の高齢化、コスト縮減等の諸問題の解決策として見直されるようになってきた。

そこで、弊社でもこれらの諸問題と次期、第二東名名神高速道路でのコンクリート舗装工事に焦点を置き、ドイツ・ヴィルトゲン社の協力を得てスリップフォーム工法用施工機械の開発と導入をした。社内での試験施工をかさね、引き続き、第二東名名神の試験工事としての新日本坂トンネル工事で使用し、良い結果を得たので、機械と施工方法についてまとめた。

### 2. 日本での実績

1台の機械にてコンクリートを敷き均し、締固め、成形を行うことのできるスリップフォームペーパーは1940年後半にアメリカで開発された。その後、施工能力が極めて高いことからアメリカ各州に普及するようになり日本でも1969年(昭和44年)に建設省によって導入され国道17号線新大宮バイパスで施工された。

1972年までに桐生・佐野・甲府・水戸の各バイパス工事に採用され総延長60km 総面積21万 $m^2$ の実績を残した。当時は工事規模が小さかったこと、コンクリート材料の供給に制約があったこと、構造物が多く連続施工ができなかったこと、などにより経済性及び、施工能力の向上といったスリップフォーム工法の利点を生かすことができず、



写真-1 スリップフォーム工法用施工機械(新日本坂トンネル明かり部)

それ以後は採用されなかった。しかし、小型スリップフォームペーパーを1台所有し、任意の成形型枠を組み替えることにより、多種多様な付帯構造物が施工できるという利点が受け入れられ、付帯構造物施工業者に普及しはじめた。その影響と最近の合理化、省力化から道路業界でもスリップフォームペーパーを所有する気運が高まり、舗装用の機械が導入され一般工事で使用されてきた。又、高速道路では山陽自動車道三木工事、東関東自動車道市原工事などの試験工区に採用されている。

### 3. 導入に当たっての工法調査

アメリカで開発されたスリップフォームペーパーはその後、1960年代にヨーロッパ各国に普及し始めた。近年ドイツではコンクリート舗装の大部分がセットフォーム工法からスリップフォーム工法に移行し、セットフォーム工法用の施工機械は製造を中止している。しかしながら日本でのコンクリート舗装は、アメリカやヨーロッパ各国が無筋構造であるのに対し、鉄鋼や連続鉄筋など有筋構造が多い。このため、ブレードスプレッドやボックススプレッド的役割を持つ運搬と敷き均しをする機械が必要となる。ここ数年、機械及び施工方法の導入にあたりスリップフォーム工法用の施工機械を製造しているドイツとアメリカの会社及び施工現場の調査を実施した。特に、今後の第二東名名神高速道路の工事及びトンネル内の舗装での使用を想定した内容に重点を払った。その結果、ドイツ・ヴィルトゲン社の機械の開発と導入へとすすんだ。

### 4. 開発及び導入機の概要

スリップフォーム工法用に開発、導入した機械は表-1に示す通りである。材料横取り機、成形機、粗面仕上げ機の3台から成り立っている。以下にそれぞれの機械の概要、諸元等を示す。

表-1 スリップフォーム工法用施工機械

機 械 名 称	製作会社	能 力	用 途
サイドフィーダ	ヴィルトゲン社	4.75 ～ 9.50 m	材料横取り、荒均し 新たに開発
スリップフォームペーパー		2.60 ～ 9.50 m	締固め、成形仕上げ 一部改良
キュアリングマシン		3.75 ～ 9.50 m	粗面仕上げ、養生剤散布 そのまま導入

#### 4-1. サイドフィーダ

サイドフィーダとは、側方のダンプトラックから受けた生コンクリートを、引き込み格納式ホップを備えたベルトコンベアで舗装の中央に供給し、拡散オーガにて左右に広げスクリードにより必要な余盛りをコントロールしながら荒均しのできる機械で、スリップフォームペーパーと同一のフレームに、新たに大容量のベルトコンベアを取り付け、短時間で材料の供給ができる様に開発した。

主な特徴は、

- ①ホップが引き込み格納でき、ダンプトラックの通行帯を広く確保できる。
- ②ホップの組み替えにより施工方向に対し左右及び前後の4方向から材料の供給が可能である。
- ③独自のレベリングセンサにより敷均し厚さが制御できる。

④ PLC（プログラミングロジックコントロール）によるステアリング制御で自動操行ができる。

#### 4-2. スリップフォームペーパー

型枠を使用しないコンクリート舗装機械で、供給されたコンクリートの拡散からバイブレータによる締固め、成形、仕上げまでの一連の作業をこの一台で施工を行うことができる。本機は、ベースマシンと舗装キットから構成されており、舗装キットを変えることにより防護壁等の付帯構造物施工にも対応できる。サイドフォームの部分に改良を加えてある。

主な特徴は、

- ① 摺動ビームによる横仕上げ装置と摺動フロートによる縦仕上げ装置を装備しておりモールド成形後、更に均一な面を得ることができる。
- ② 各作業装置がユニット式になっており取付、取外しが容易である。
- ③ 独自のレベリングセンサにより舗装厚をコントロールし、高い平坦性が得られる。
- ④ PLCによるステアリング制御で、スムーズな自動操行ができる。
- ⑤ 少人数で運転操作及び作業が可能である。

#### 4-3. キュアリングマシン

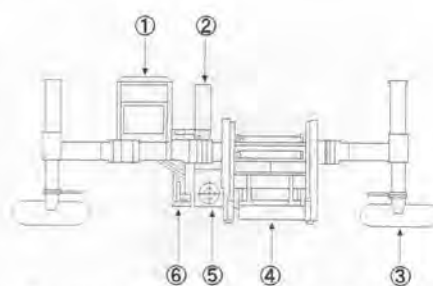
コンクリート舗装表面にホウキ目による粗面仕上げ、及び養生剤の散布を全自動で行うことのできる機械として導入した。

主な特徴は、

- ① レベリングセンサ、ステアリングセンサ、距離計により完全な自動運転が可能である。
- ② 1行程（散布と粗面仕上げ）の距離を設定することができ、そのラップ量も調整可能である。
- ③ 養生剤の散布量を流量バルブ、圧力バルブにより適切に調整できる。
- ④ 舗装端のブラシ持ち上げ機構により、スラブ端部を痛めない。

表-2 サイドフィーダ主要諸元

型 式	ISF-950
全 長	9,700mm
全 幅	15,300mm
全 高	3,500mm
全装備重量	30,000kg
施工速度	0~5m/min
回送速度	0~20m/min
材料供給能力	200m <sup>3</sup> /h
舗 装 厚	最大400mm
クローラトラック	4基
エンジン型式	CAT3306D1-TA
定格出力	203HP/2,100rpm

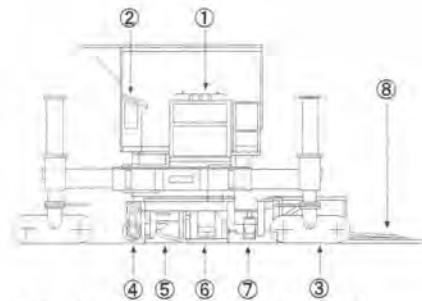


- ①・・・トラクターフレーム（エンジン）
- ②・・・運転席、操作盤
- ③・・・クローラーユニット
- ④・・・引き込み格納式ベルトコンベア
- ⑤・・・大型拡散オーガ
- ⑥・・・昇降式スクリード

図-1 サイドフィーダ平面図

表-3 スリップフォームペーパー主要諸元

型 式	SP-950
全 長	6,755mm
全 幅	10,630mm
全 高	3,000mm
全装備重量	38,000kg
施工速度	0~5m/min
回送速度	0~20m/min
クラウン	0~3%
舗装厚	最大450mm
クローラトラック	4基
エンジン型式	CAT3306DI-TA
定格出力	203HP/2,100rpm

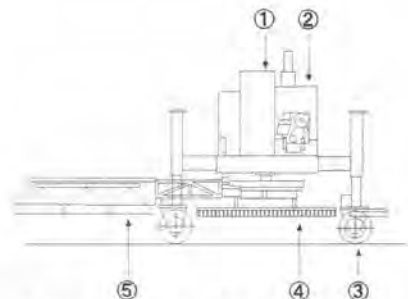


- ①・・・トラクターフレーム（エンジン）
- ②・・・運転席、操作盤
- ③・・・クローラーユニット
- ④・・・拡散オーガ
- ⑤・・・大型バイブレータ
- ⑥・・・敷均しモールド
- ⑦・・・撓動ビーム
- ⑧・・・スーパースムーサ

図-2 スリップフォームペーパー

表-4 キュアリングマシン主要諸元面図

型 式	TC-950
全 長	6,625mm
全 幅	10,500mm
全 高	2,580mm
全装備重量	12,500kg
施工・回送速度	0~20m/min
クラウン	0~3%
舗装厚	最大500mm
養生剤タンク	300リットル
スプレー幅	3,000mm
ブラシ幅	2,500mm
エンジン型式	ドイツディーゼルエンジン
定格出力	43HP/2,100rpm



- ①・・・エンジン部、運転席（図面奥側）
- ②・・・養生剤タンク
- ③・・・ホイール
- ④・・・粗面仕上げ装置
- ⑤・・・養生剤散布装置

図-3 キュアリングマシン平面図

## 5. 新日本坂トンネル工事での施工状況

平成9年夏に実施されたこの工事は、日本坂トンネル付近での渋滞緩和を目的とした拡幅工事であり、新たに構築したトンネルを3車線の新下り線として使用し、それまで供用していた上下線2つのトンネルを4車線の新上り線トンネルとして使用するものである。新規構築された下り線は、コンポジット舗装として下層に連続鉄筋コンクリート舗装をし、上層に排水性アスファルト舗装を行った。

これはコンクリートベースを使用することにより下層の支持力を高め、上層にアスファルト舗装を用いることで騒音防止及び、わだちやひび割れを防ぐことにより、後のメンテナンスを容易にして道路の耐久性、経済性の向上を狙ったものである。このうち、連続鉄筋コンクリート舗装の施工において、工期の短縮と平坦性の向上からスリップフォーム工法を採用している

使用した機械は、サイドフィーダ（ISF-950）、スリップフォームペーパー（SP-950）、キュアリングマシン（TC-950）の3台1セットで、表-5に機械編成を示す。

スリップフォーム工法機械編成図（連続鉄筋コンクリート工）

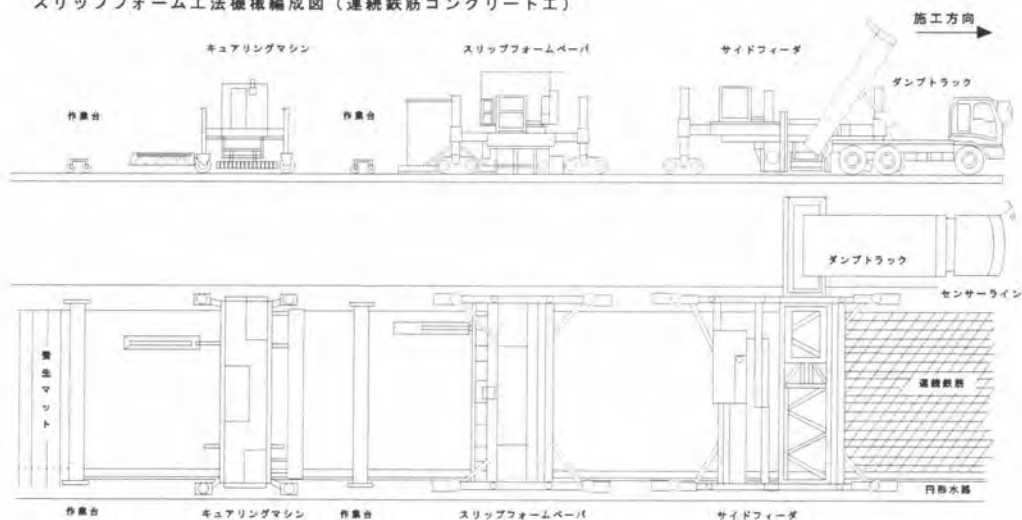


図-4 機械編成図（東名高速道路、新日本坂トンネルコンクリート舗装工事）



写真-2 スリップフォームペーパー（新日本坂トンネル内）

## 6. セットフォーム工法との比較

セットフォーム工法が日本で発展してきた理由としてレールによる施工機械の走行安定性の良さ、型枠による平坦性と端部の出来形の確保などがあげられる。スリップフォーム工法の場合、セットフォーム工法に匹敵しうる性能を有しているにもかかわらず、普及しなかった歴史がある。しかし、冒頭でも述べたように労働者の高齢化が進まなかで、型枠やレール設置に掛かる人員を必要とするセットフォーム工法では施工能力の向上が、今以上は期待できない状況である。又、図-5及び図-6の機械編成図を比較しても施工機械の台数と施工に掛かる人員など、建設業の大きなテーマである省力化やコスト削減を考えるとスリップフォーム工法は、これらの問題を解決しうる一工法であると思う。

セットフォーム工法機械編成図（連続鉄筋コンクリート工）

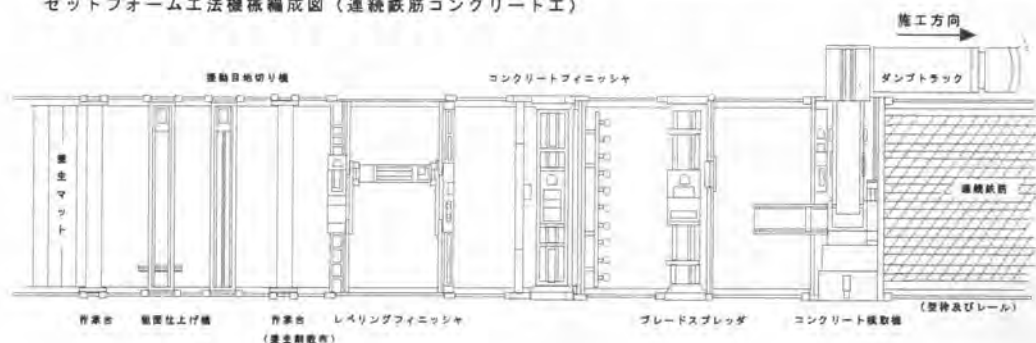


図-5 機械編成図（日本における連続鉄筋コンクリート舗装工事）

表-5 スリップフォーム工法とセットフォーム工法との比較

	スリップフォーム工法	セットフォーム工法
機械台数	3台	5台
準備工	センサーロープだけの設置	型枠、レールの設置
打設人員	機械オペレータと助手で4～5人	機械オペレータと助手で7～8人
汎用性	多種多様なアタッチメントが可能	型枠、レールに左右

## 7. まとめ

開発、導入したスリップフォーム工法用の施工機械は、コンクリートの日打設量、各施工機械の作業効率、平坦性等とも満足できる結果が得られている。この工法は今後のコンクリート舗装工事に大きな影響を与えられると考えられる。それは、発注者である日本道路公団から工事結果に対し非常に有効だと評価されているからである。

これから、スリップフォーム工法の普及に向けて一般工事の主流である中小規模のセットフォーム工法分野にも進出できると思う。その他にもスリップフォームペーパーを使用しての各種アタッチメント交換による道路防護壁等の付帯構造物工事にも威力を発揮できる複合施工機械として役立ててゆきたい。