

# 連続鉄筋コンクリート舗装

## —鉄筋敷設・結束機の開発検討—

羽山高義

連続鉄筋コンクリート舗装において、鉄筋の敷設が、工事の施工能率に多大な影響を与える。スリップフォーム工法の採用に合わせ、特に高速道路など大型の工事において、どのような鉄筋敷設の機械化が可能か、協会員 12 社の担当者が検討を行った。

施工に関する条件等を比較検討し整理したうえ、4 機種の鉄筋敷設・結束機の開発構造を立案したので報告するものである。

キーワード：コンポジット舗装，連続鉄筋コンクリート舗装，鉄筋敷設・結束機

### 1. はじめに

高速道路等における高耐久性舗装として、連続鉄筋コンクリート (CRCP; Continuously Reinforced Concrete Pavement) をホワイトベースとするコンポジット舗装が注目されている。この場合、大規模工事においては連続鉄筋コンクリートの施工速度が工事日数を左右するが、特に、鉄筋の敷設、結束が施工速度のクリティカルとなる可能性が高い。

そこで、鉄筋敷設、結束の機械化による施工能力の向上を模索する目的で、日本スリップフォーム工法協会 (東京都中央区京橋 3-13-1) 舗装委員会 (常設) の中に「連続鉄筋敷設機検討ワーキンググループ」が設置され、鉄筋敷設の実態調査、機械化施工の可能性検討、開発機の構想立案などを行った。

本報文では、当該ワーキンググループが行ってきた検討結果などについて紹介する。

### 2. 概要

#### (1) 委員構成

連続鉄筋敷設機検討ワーキンググループは、日本スリップフォーム工法協会加入各社の自主参加 (1 社 2 名) を原則として委員を構成した。また、具体的活動の実施に当たっては、ワーキンググループ (G 長: 千葉達彦, 副 G 長: 高木幸雄) の

下に情報グループ (G 長: 傳田喜八朗) と設計グループ (G 長: 羽山高義) を設け、分担して作業を行った。

参加した各社は、表-1 の通りであり、合計 12 社 25 名が参加した。

表-1 参加会社名 (五十音順)

大林道路株式会社	東亜道路工業株式会社
鹿島道路株式会社	日本道路株式会社
株式会社ガイアートクマガイ	日本舗道株式会社
ケイコン株式会社	前田道路株式会社
世紀東急工業株式会社	三井道路株式会社
大成ロテック株式会社	株式会社渡辺組

#### (2) 活動内容

全体活動およびグループ活動の合計で、延べ 17 回の会合を開催した。主な活動内容は以下の通りである。

##### (a) 全体活動

- ① 委員会の運営方法の検討および内規の作成
- ② 委員会の目標設定 (検討内容, スケジュール)
- ③ 各社保有特許の調査
- ④ 調査検討成果の評価・確認

##### (b) グループ活動: 情報グループ

- ① 機械開発に必要な調査項目の抽出
- ② 各社保有の施工資料の比較検討
- ③ 人力鉄筋組立ての歩掛調査
- ④ 鉄筋組立て方法, 施工方法の比較検討

##### (c) グループ活動: 設計グループ

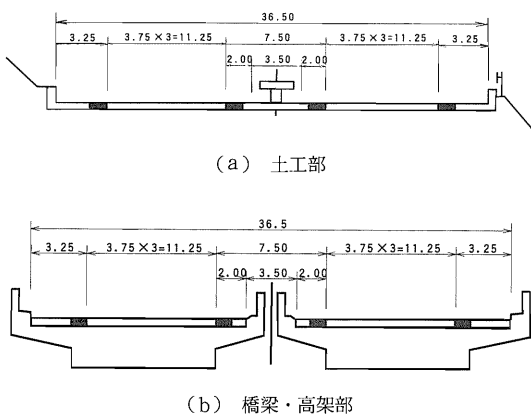
- ① 要素技術の開発検討および既存技術の調査

- ② 開発機の仕様・構造などの構想立案
- ③ コスト試算および経済効果の比較検討
- ④ 上記に関連する工業所有権の出願検討

### 3. 収集情報の整理と検討

#### (1) 施工幅員の検討

開発検討の実施に当たり、図一1に示す3車線11.25mを標準幅員とし施工幅員について検討を行った。以下、検討の要点を示す。



図一1 開発検討の前提とした標準断面 (単位: m)

#### (a) 施工幅員の基本検討

##### ① 3車線同時施工

11.25m全幅の同時施工は、我が国にあるコンクリート舗装機械では大幅な改造を要する。また、大量のコンクリートを同時に供給するため、材料供給面からも実施は難しいと判断した。

##### ② 2車線+1車線分割施工

車線幅で施工を行うとすれば、現実的であるが、解決すべき課題も少なくない。また、2車線施工時は材料供給能力が施工速度の支配要因となる可能性もある。

##### ③ 1.5車線×2分割施工

作業性が最もよく、左右同品質のコンクリートを打設しやすいが、中央車線の中央に目地を設けるため力学的な検討が必要となる。

##### ④ 1車線×3分割施工

土工区間などでは施工を行いやすいが、コスト面で②、③に劣る。

#### (b) 2車線施工の問題点

(a)項②の「2車線+1車線分割施工」が、一般

的に考えられる方法であるが、下記の①～③のような課題を残している。舗装構造上、力学的に問題がなければ③の「1.5車線×2分割施工」が望ましいと考えられる。

- ① 2車線施工時の運搬経路として1車線が利用できるが、施工用のセンサを設置するため、実際にはかなり幅員が狭くなり、ダンプトラックの離合ができないなど資材・機材の運搬に支障を来す恐れがある。
- ② 1車線施工時には残りの2車線が利用できるが、トンネル部ではダンプトラックの荷台が荷下ろしの際に壁面に接触する可能性がある。
- ③ 2車線施工と1車線施工では、前段取りの作業人数、生コンの使用量が異なり、幅員変更の際には機械幅の調整に2日程度を要するので、効率化を図るためにはいずれか一方を連続施工できるように工程調整する必要がある。

#### (2) 鉄筋組立て仕様の検討

鉄筋の配置には、横方向鉄筋の配置角度を60°にする場合と90°にする場合とがある。また、組立て方式には地組み方式とプレキャスト（工場製品）方式とがある。それぞれのメリット、デメリットを表一2に示す。

いずれの場合でも対応は可能だが、コスト縮減を勘案すると、横筋90°配置の地組み方式が最も経済的で施工も行いやすい。ただし、横方向のひび割れと横筋の位置をずらす60°配置の方が耐久性の面で有利とされている。

#### (3) 施工法の比較検討

コンクリートの打設方式には、スリップフォーム工法とセットフォーム工法とがある。それらの特長を比較し、表一3に示す。

スリップフォーム工法は、大規模工事に向いており、海外では普遍的に採用されている。ただし、材料供給、鉄筋組立てなどの条件が満たされないと本来の施工能力が発揮できず、セットフォーム工法との施工能力面における差異が見いだせない。

表—2 鉄筋の配置角度および組立て方法

検討項目	メリット	デメリット
横筋の配置角度 60°	・横びわれが発生した場合の鉄筋の腐食面積が小さい	・斜め配筋のため作業に手間がかかる
横筋の配置角度 90°	・直角配筋のため作業が容易	・横びわれが発生した場合、鉄筋の腐食面に及ぼす影響が大きい
地組み方式	・複雑な配筋でも対応が可能 ・プレキャスト方式に比べて鉄筋のロスが少ない	・先行して地組みを行う必要がある ・要員を確保しておく必要がある ・結束作業に熟練を要する。
プレキャスト方式	・地組みに対して高品質となる ・工期短縮が見込める ・省資源・省力化に貢献できる	・工場製作でコストがアップする ・仮置きスペースが必要である ・組立てにクレーン等を必要とする ・鉄筋のラップが多くなり鉄筋量が増す ・複雑な配筋には対応が困難である

表—3 スリップフォーム工法とセットフォーム工法の比較

項目		スリップフォーム工法	セットフォーム工法
特長	型枠・レールの設置撤去	不要	必要
	センサーラインの設置	必要	不要
	機械の移動・組立て・解体	2~3日	3~4日
	機械運搬台車	5~6台	6~7台
使用機械	機械待機場所	約20m	約30m
	製 造	コンクリートプラント	同 左
使用機械	運 搬	ダンプトラック	同 左
	横 取 り	ブレース	横取り機
		スプレッド	ボックススプレッド
	敷 均 し	スリップフォーム	コンクリート
		ペーパー	フィニッシャ
締 固 め		縦型仕上げ機	
仕 上 げ			

#### 4. 開発機の構想

本開発の主な目的は、鉄筋敷設・結束作業の機械化の開発を模索することにある。

##### (1) 設定した開発条件

開発構想の立案に当たっては、施工資料の比較検討、人力歩掛の実態調査、機械仕様決定の条件調査、既存技術の調査、要素技術の開発検討、開発機の構想立案等を行った。

施工者側の立場から見れば、1.5車線×2分割施工、横筋90°配置の条件が最も望ましい。しかし、力学面・品質面からは表—4の条件が有力視

されており、本検討における機械開発の現場条件とした。

表—4 設定した現場条件

区分	現場条件
工 法	連続鉄筋コンクリート舗装、全厚1回打設
断 面	幅員2車線、版厚26cm
鉄 筋	縦筋：D16 (P=125mm) 横筋：D13 (P=300mm)、斜角60° 組立て：現場組立て
その他	機材搬入、敷設機走行等のスペースは確保でき、付帯構造物等の影響は受けけないものと仮定

また、設定した開発目標は次の通りである。

- ①速度：コンクリート打設速度と同等级上
- ②単価：人力組立て以下の施工単価

##### (2) 開発機のイメージ

多くの要素技術について検討を加えたが、各種のケースが想定されるため、型式を絞らず4種類の開発構想としてまとめた。また、要素技術として、鉄筋供給装置の開発構想も加えた。

各機種の基本仕様を表—5に、開発イメージ図を図—2～図—6に示す。以下、各機械の概要について説明する。

表—5 開発構想機械の基本仕様

機械区分	全自動型機	横筋配置機	縦筋配置機	鉄筋結束機
機体寸法				
全 長	11,000	92,000	10,800	7,000
全 幅 [施工時]	9,000	4,500 ~10,000	9,300	8,500
全 高 (mm)	3,000	3,600	2,350	1,700
機体質量 (kg)	12,000	6,000	10,000	5,000
作業速度 (m/min)	0~20	0~20	0~20	0~15
移動速度 (m/min)	0~20	0~20	0~20	0~15
機関出力 (kW)	40	40	25	15

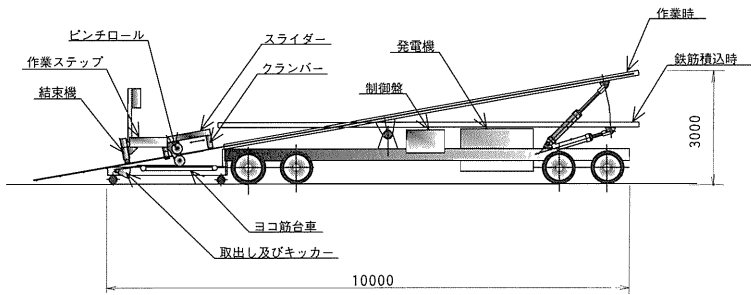
##### (a) 鉄筋敷設・結束全自動機械

図—2に示すとおり、台車上で縦筋と横筋の結束を自動で行い、連続的に敷設する機械である。

大幅な省力化が可能で、後述する個別機械を縦列配置するよりもコストは低減できる。ただし、部分的な故障が鉄筋・結束の全作業停止につながるため、完成度の高い機械が必要となる。

##### (b) 横筋敷設機械・縦筋敷設機械

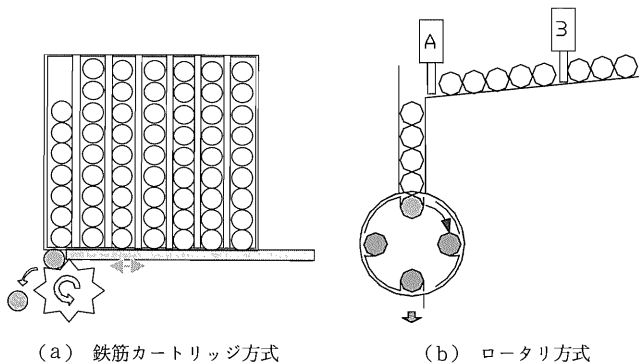
横筋または縦筋の配置を自動で行う機械。両者は、鉄筋の敷設方向が異なるだけで構造的には類似している。横筋が斜め配置であること、縦筋の



図—2 鉄筋敷設・結束全自動機械

敷設ピッチが狭いことなどから、自動敷設機は有効と思慮される。

敷設位置への鉄筋の配置方式としては、図—3に示すように鉄筋カートリッジ方式とロータリ方式が効果的な方式と判断された。特に前者は、長尺鉄筋の絡まりを防げるため鉄筋ほぐし装置が不要となる。



(a) 鉄筋カートリッジ方式 (b) ロータリ方式

図—3 鉄筋の敷設供給方式

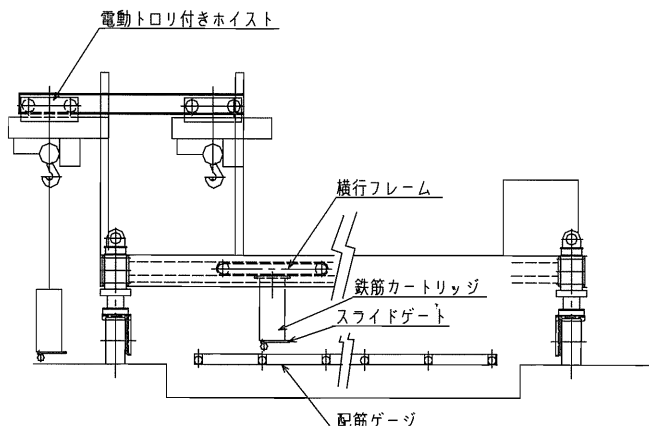
図—4、図—5はいずれも縦筋配置機械の例であるが、鉄筋カートリッジ方式またはロータリ方式の鉄筋敷設供給装置を組込んだものである。

(c) 鉄筋結束機械

鉄筋の結束を自動で行う機械である。

実態調査の結果、鉄筋の人力結束は中腰での苦渋作業であり、多くの人手が掛かることが明らかとなった。この観点から最も自動化が望まれており、コストメリットも大きい。

機械構造的には、図—6に示すように、鉄筋結束器を横断方向に並べたものである。現在、鉄筋の交差箇所全てを結束する方式が一般的であるが、本来その必要はなく、要所のみを結束にすれば結束器数を低減でき、さらにコストダウンが図れる。



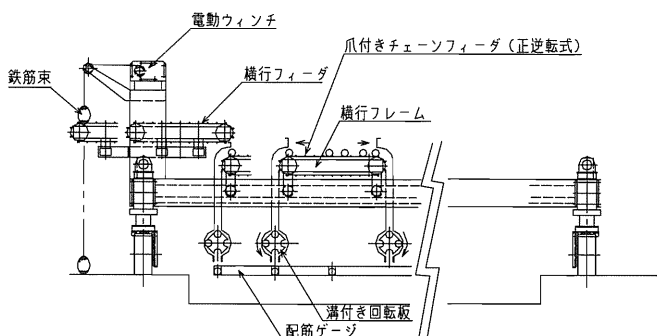
図—4 縦筋敷設機械 (鉄筋カートリッジ方式)

5. 今後の課題

(1) 工事情報

機械の開発条件に影響を与える下記の項目については、実際の機械開発に際し再度調査検討する必要があると考えている。

- ① 工事の規模、日施工量
- ② 施工標準断面、施工幅員、施工余裕幅、施工厚
- ③ 施工時期、施工箇所
- ④ 材料使用量、材料供給方法、運搬方法



図—5 縦筋敷設機械 (ロータリ方式)

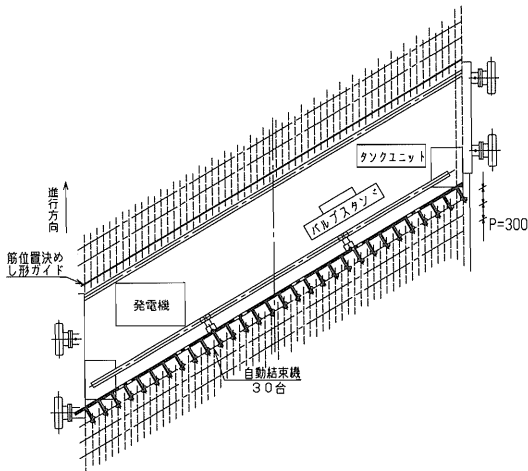


図-6 鉄筋結束機械

## (2) 機械装置

今回の検討は開発条件を想定したうえで、機械の開発イメージ立案までを行ったものである。したがって、次のような課題が残されている。

### (a) 全体計画

- ① 施工条件等の確定後の開発構想の見直し
- ② 関連作業との施工能力比較による機械性能の再設定
- ③ コスト比較等に基づく機種別の絞込み（今回は4機種の構想を立案）

### (b) 要素技術

- ① 横筋の下になるチェアの選定と配置方法
- ② 鉄筋カートリッジ（特許出願）の具体化

- ③ 鉄筋配置後から結束までの仮固定の方法
- ④ 各機械の寸法、重量などの軽減化・構造の簡素化
- ⑤ 各要素技術の作動確認（鉄筋送りフィーダ、ロータリ式鉄筋供給装置、結束器等）

## 6. あとがき

今回の検討は、機械の開発イメージ立案までを行ったものである。したがって、残された課題を踏まえたうえで、試作機の製作、性能確認試験および試験施工の実施等を行う必要がある。現在、ワーキンググループは一端活動を中断しているが、時期を見て再開の予定であり、必要があればいずれかの機械を共同製作することとなる。

ワーキンググループへは参加自由であり、今回は12社25名が参加し熱心に検討を重ねた。参加各社の関係者に対して、この場を借りて感謝を申し上げます。

### 【筆者紹介】

羽山 高義（はやま たかよし）  
日本舗道株式会社  
技術開発部  
技術開発グループ  
課長

