

18. 繊維補強コンクリート施工における定量供給装置の開発

東亜建設工業(株)：○松島 弘樹、内倉 廉二、泉 信也

1. はじめに

新幹線トンネルにおけるコンクリート剥落事故などを契機として、山岳トンネルや橋梁施工分野ではコンクリートのひび割れに対する社会的関心が高まっており、コンクリートの剥離・剥落防止策の一つとして繊維補強コンクリートの適応例が増えている。コンクリートの補強繊維は鋼製や非鋼製など既に数社が開発・商品化しているが、非鋼繊維のようにアスペクト比（縦横比）が高く細長い材料は材料同士が絡み合う（ダマになる）性質が非常に強く、これを山岳トンネルなどの建設現場で取り扱う場合には大がかりなプラント設備が必要となったり、煩雑な準備作業や人力投入作業が必要となるなどの課題があり、標準的な現場施工技術として確立されたものはなかった。

そのため新たな原理に基づく自動定量供給装置を開発し、実際のトンネル施工現場でその性能を確認したので報告する。

2. 開発概要

（1）開発の目的

近年、第二東名高速道路など一部の山岳トンネル工事においては、二次覆工コンクリートの剥離・剥落対策としてコンクリートに靱性やひびわれ拘束能力を付加するために鋼繊維が使用されていた。しかし靱性に優れている反面、高価で錆びるといった問題もあり、ポリマー系などの非鋼繊維も注目されつつある。例えば日本道路公団からは平成 15 年 9 月に非鋼繊維の使用も含めた繊維補強覆工コンクリートの施工管理要領が出されている。

その一方、コンクリートプラントやトラックミキサーへの非鋼繊維供給方法は確立されておらず、いまだに人力供給に頼っているのが現状であり、品質

面や安全面での問題も浮上していた。

そのため、コンクリート補強繊維など高アスペクト比の材料を安全かつ精度良く定量供給可能な装置の市場調査を行ったが、粉粒体を材料とする分野では各種の定量供給装置が開発・実用化されているものの、コンクリート補強繊維のようなダマになる性質の強い材料を安定的に定量供給できる方式は見出せなかったため、新たな原理に基づく方式の開発・実用化に着手した。

（2）システムの原理

今回開発したコンクリート補強繊維の定量供給装置「テーブルアップ・フィーダ」（写真 1、図 1）は、非常に簡易な原理でありながら、高アスペクト比の材料を高い精度で自動的に定量供給可能にした装置であり、その原理は以下の通りである。

① 円筒形容器内に昇降可能なテーブル（底板）を装備し、テーブルの上昇にともなってせり上がってきた材料を円筒形容器上部に取り付けたスクレーパー（攪拌羽根）で、円筒形容器の外部周囲に定量的に掻き落とす。テーブルの上昇速度を加減することで、材料の供給量を調整することが可能である。



写真 1 テーブルアップ・フィーダの外観

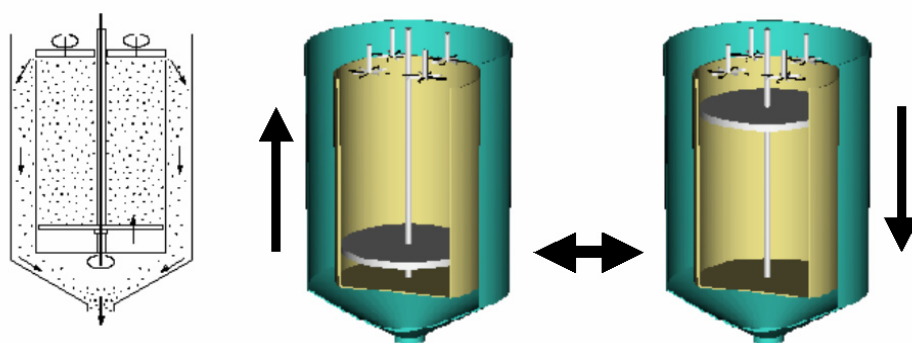


図1 テーブルアップ・フィーダの原理模式図

② 円筒形容器の外部には、掻き落とされた材料が周囲に飛散しないための外管を、また、円筒形容器の下部には、掻き落とされた材料を受け止めてその流れを整流化するためのホッパーをそれぞれ装備する。これにより、テーブルの上昇とスクレーパーの回転により定量供給された材料を、ホッパー下部に配置した輸送装置や混練装置へと安定的に投入することが可能である。

③ テーブルアップ・フィーダのホッパー下部に配置する輸送装置、混練装置としては、旋回流（スパイラルフロー）を応用した空気圧送装置（写真2）やブロワ、ベルトコンベアの他に、生コンミキサーやトラックミキサーなどへの直接投入も可能であり、様々な現場施工方法に対応可能である（図2）。

（3） システムの特長

今回開発したテーブルアップ・フィーダの特長は、以下の通りである。

① 高い定量供給性

装置自体の定量供給性が原理的にも高い上、供給する材料の質量変化をロードセルによりリアルタ

イムに計量管理するため、非常に高い精度で材料の定量供給が可能である。

② 供給量の変更調整が容易

テーブルの上昇スピードをインバータ制御により変更調整できるので、材料の供給量を任意に変更調整可能である。

③ 各種粉粒体材料の定量供給も可能

コンクリート補強繊維のような高アスペクト比の材料のみならず、木材チップなどの不定形な木質系材料、モミ殻などの穀物類、その他従来では定量供給が困難であるとされていた各種材料の定量供給も可能である。

④ 運転と保守管理が容易

可動部がテーブル駆動部とスクレーパーのみであり、材料の噛み込みなどがほとんど発生せず、運転と保守管理が容易である。

⑤ 取り扱う材料を傷めない

材料の掻き落としは、特殊形状の樹脂製スクレーパーにより行なうため、材料の損傷はほとんどない。



写真2 旋回流応用の空気圧送装置

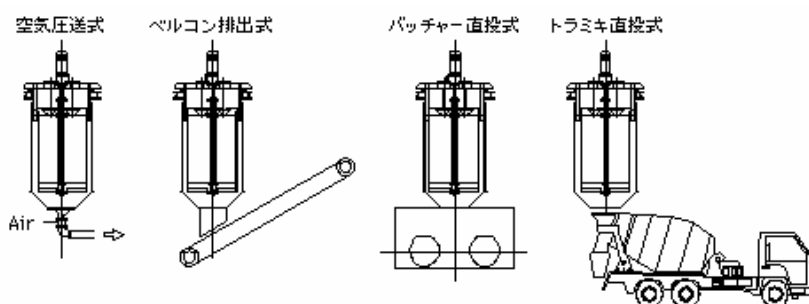


図2 テーブルアップ・フィーダ利用の施工システム例

表1 コンクリート補強用非鋼繊維一覧

メーカー名	品 名	原 料	比 重
萩原工業	バルチップM	ポリプロピレン	0.91
クラレ	クラテック RF4000	ビニロン	1.30
グレースケミカルズ	STRUX 85/50	PE/PP	0.92
プラスワン	リプロファイバーバベル	再生PET	1.35

3. 実証実験

(1) 実験概要

今回のテーブルアップ・フィーダ開発時点で入手可能なコンクリート補強用の非鋼繊維は表1の通りであった。このうち当社山岳トンネル現場（後述）で使用検討されていたバルチップMを用い、テーブルアップ・フィーダの定量供給性確認実験を行った。

(2) 実験方法

当該トンネル現場では、高強度覆工コンクリート（セメント配合量 $450\text{kg}/\text{m}^3$ ）に対しバルチップMを $9.1\text{kg}/\text{m}^3$ 混入する計画であった。現場で使用するバッチャープラントは1バッチ当たり 0.5m^3 の混練を行うため、1バッチ当りの混入量は 4.55kg である。また1バッチ当りの混練時間は45～60secであるため、1バッチ当たり40秒前後でバルチップM 4.55kg を投入しきれるシステム設計を基本とし、テーブルアップ・フィーダ作動時間を増減させバルチップMが定量的に排出されるか否かを実験した。

(3) 実験結果

実験結果を図3に示すが、テーブルアップ・フィーダの作動時間とバルチップMの排出量との間には一次的な強い相関関係があり、テーブルアップ・フィーダの定量供給性は非常に高いことが確認できた。

4. 実用化

今回開発したテーブルアップ・フィーダと現場で使用するバッチャープラントとを連動的に自動運転させるために、図4に示すようなシーケンス制御回路を組み込み、実際の山岳トンネル現場において実証運転を行った。

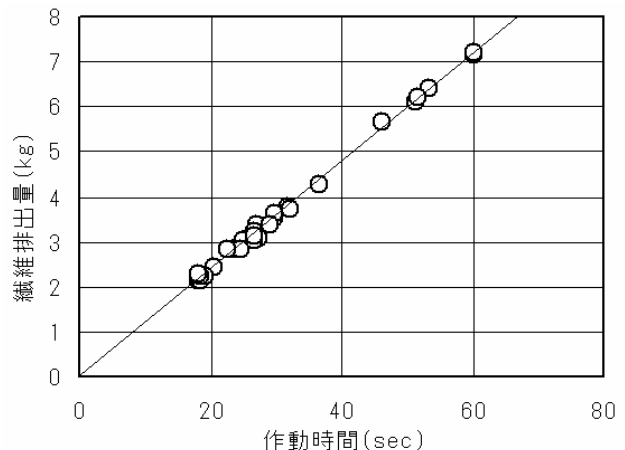


図3 定量供給性確認実験結果

(1) 工事概要

本工事は、山形県米沢市蟹ヶ沢地区において地滑り地帯に約 13m^2 の排水トンネルを築造するものであり、覆工コンクリートは非鋼繊維補強コンクリートの吹付け施工により行われた。

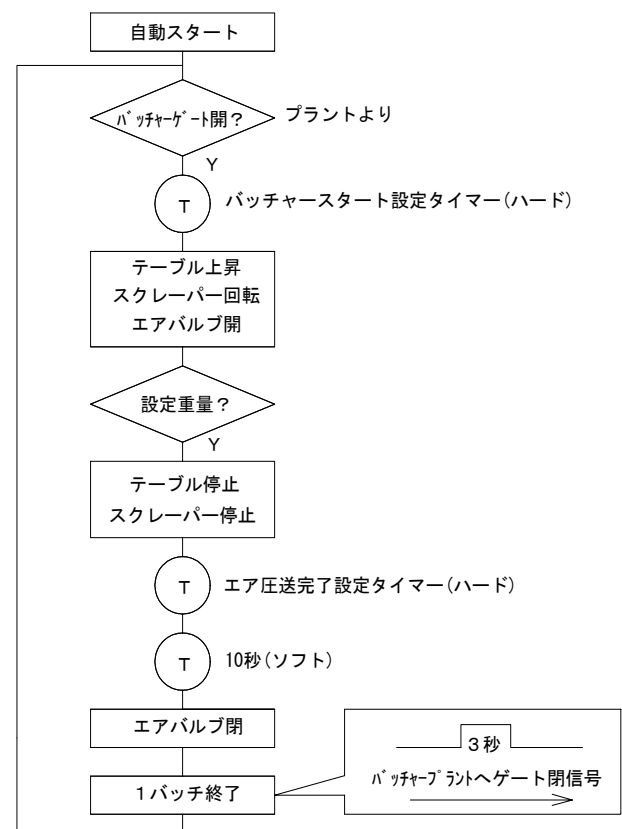


図4 テーブルアップ・フィーダのシーケンス制御

表2 蟹ヶ沢トンネル覆工吹付コンクリート配合表

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	水セメント 比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
				水 量	セメント C	細骨材	粗骨材	非鋼繊維
15	18±2.5	45	65	203	450	1,008	550	9.1

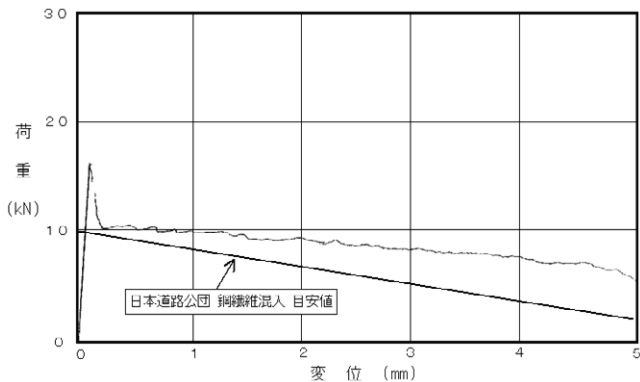


図5 非鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度試験結果

(2) 施工状況

本現場における繊維補強覆工コンクリート配合は、表2に示す通りセメント量 450kg/m³ の高強度コンクリート配合であり、混入する非鋼繊維としては前述の通りバルチップMを使用した。

本現場では、写真3に示す通り覆工コンクリートを現場で混練するバッチャープラントとは別置に、非鋼繊維の定量供給装置であるテーブルアップ・フィーダを設置し、1バッチ毎に自動運転によりバルチップMを計量供給した。

テーブルアップ・フィーダからバッチャープラント混練ミキサーへの非鋼繊維の搬送方法としては、前述のスパイラルフローを応用した空気圧送方式とした。

テーブルアップ・フィーダによりバルチップMを混入した繊維補強コンクリートの強度試験結果の一例として、図5に曲げ強度・曲げタフネス試験のグラフを示す。

5. おわりに

本論文で報告したテーブルアップ・フィーダはロードセルによる自動計量機能を組み込んだ補強繊維の定量供給装置であるが、最近の山岳トンネル現場においては、繊維メーカーが出荷前にあらかじめ



写真3 非鋼繊維補強コンクリート現場施工状況



写真4 簡易型補強繊維供給装置「サブフィーダ」

工場バッチャープラント1バッチ分、あるいはトラックミキサー1車分などの計量梱包を行い、施工現場ではバッチ毎あるいはミキサー車毎に投入だけ行う方法も一般化しつつある。

このような状況に対応して、計量機能付きの高級機種ともいえるテーブルアップ・フィーダとは別に、計量機能を省き、あらかじめ計量梱包された補強繊維を簡便かつ安全、確実に投入可能な簡易型補強繊維供給装置「サブフィーダ」(写真4)も開発しており、山岳トンネル現場での試験評価も終えている。

これらの両装置により山岳トンネル覆工コンクリート施工の効率化や省力化、安全性向上などに資することができれば幸いである。

最後になりますが、両装置の開発・製作ならびに現場での実証試験にご協力いただいた東亜機械工業(株)はじめ関係各位に感謝の意を表します。