

— 急結剤の混入が可能な湿式吹付け機を用いた場合の諸性質 —

鹿島建設技術研究所 正員 中原 康

〇正員 中里 吉明

正員 須藤 英明

## I はじめに

鋼繊維補強コンクリート(SFRC)を吹付け工法に应用する場合、目的とする補強効果を得るためには鋼繊維のはね返りをできるだけ少なくする必要があり、(その1)で述べた実験の結果によれば、吹付け機としては乾式よりも湿式が有利と考えられた。しかし、具体的にトンネル工事への適用を考えた場合、従来の湿式吹付け機では“急結剤の混入が困難”、“圧送中の閉塞が多い”など、実施上には適用し難い問題があった。

最近、米国より導入された急結剤の混入が可能な新しい湿式吹付け機は、トンネル工事への適用も可能と考えられたことから、この機械を用いた施工実験を行った。

## II 実験概要

図-1に示すように、この機械は、コンクリートをポンプでノズルまで圧送し、急結剤を混入した圧縮空気で吹付ける方式の湿式吹付け機である。したがって、使用する配合としては従来の吹付け機と異なりスランプ6~10<sup>cm</sup>程度の比較的高いコンシステンシーを必要とする。

実験は、この機械によるSFRCの施工性ならびに施工したSFRCの物性について把握することを目的として、表-1に示す因子と水準、試験項目に基づき、幅、高さ、奥行き約3<sup>m</sup>の模擬トンネル、および70×60×10<sup>cm</sup>のパネル型枠への吹付けを行った。コンクリートの練りまぜは市中プラントを使用し、運搬はアジテータックによった。なお、プラントでは通常の型枠打込みによる供試体(急結剤未混入)を作製した。

## III 実験結果と検討

## (1) 吹付け機の圧送状況

今回の実験における圧送距離は約22~45<sup>m</sup>であり、閉塞はほとんど見られなかった。しかし鋼繊維の混入は圧送性に大きく影響するものであり、実施上はさらに長距離(少なくとも100<sup>m</sup>)の圧送が必要ことが多く、その場合、鋼繊維の形状寸法や混入率について、施工性、物性の両面からさらに検討する必要があると思われる。

## (2) 吹付け施工状況

従来の吹付け機に比べてコンクリートのコンシステンシーが高いことから、はげ落ち(ある厚さに吹付けた後にはがれ落ちる現象)が懸念されたが、一層の吹付け厚さが5~10<sup>cm</sup>程度では特に問題は見られなかった。また今回は数値的な判定は行っていないが、粉じんの発生も少なく、作業環境もかなり良好と思われた。

## (3) はね返し

今回の結果によれば、はね返し率は3~7%程度と、従来の乾式吹付け機による場合(20~30%以上になると思われる)に比べてはるかに低い値を示しており、これは施工能率の改善に有利と考えられた。

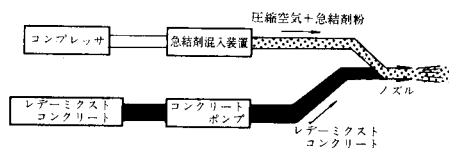


図-1 急結剤の混入が可能な湿式吹付け機の吹付け原理図

表-1 実験因子と水準、試験項目

| 実験因子・水準 | C : S : G*             |           | 1 : 3 : 0                                    |      | 1 : 3 : 1 |   |     |   |
|---------|------------------------|-----------|----------------------------------------------|------|-----------|---|-----|---|
|         | 鋼纖維                    | 長 さ (mm)  | 19                                           |      | 25        |   |     |   |
|         |                        | 混入率(%vol) | 0                                            | 0.68 | 0.84      | 1 | 1.5 | 2 |
|         | ス ラ ン プ (cm)           |           | 6~10                                         |      |           |   |     |   |
|         | ****<br>急結前混入率(対セメント%) |           | 3                                            |      |           |   |     |   |
| 試験項目    | 施 工 性                  |           | 吹付け状況の調査<br>はね返し率の測定                         |      |           |   |     |   |
|         | 物 性                    |           | 硬化性状の調査 (プロクター貫入抵抗試験)<br>鋼纖維の混入状況の調査<br>強度試験 |      |           |   |     |   |

\* 粗骨材: 砕石、G<sub>max</sub>=15mm

\*\* 鋼繊維: 住友金属工業製液形ファイバー、断面0.25×0.5mm

\*\*\* 急結剤: 専用棒状急結剤

#### (4) 硬化性状

プロクター貫入抵抗試験の結果では、始発までの時間は約3～6分程度であり、比較的コンシステンシーの高いやめ練りであったにもかかわらず、従来の乾式吹付けで急結硬化を混入した場合とほぼ同等の硬化性状を示した。

#### (5) 付着したコンクリート内の鋼繊維の混入率

図-2に示すように、吹付け付着したコンクリート内の鋼繊維の混入率は練りませ時の約8～9割に達しており、前述の従来の吹付け機による実験結果(湿式で約5割、乾式で約2割)に比べてかなり高い値となった。これは、従来の吹付け機に比べてコンシステンシーの高いやめ練りであることがね返りを少なくし、付着する鋼繊維の量を高めたためと考えられる。なお、吹付け位置の相違(側壁と天端)、および鋼繊維の長さの相違(25mmと19mm)が混入率におよぼす影響については試験数が少ないが、今回の結果ではこれらの相違による影響は特に見られなかった。

#### (6) 混入した鋼繊維の分布状況

図-3は前述の実験と同様、吹付け方向(z方向)と左右方向(x方向)との鋼繊維の分布本数を調査した結果を示したものである。今回施工したSFRCでは、鋼繊維の二次元的な分布の傾向は従来の吹付け機による場合に比べてさらに顕著になり、x方向に分布した鋼繊維の本数はz方向の平均約8倍になった。これについても従来の吹付け機よりコンクリートのコンシステンシーが高いため、鋼繊維が吹付けた平面内に倒れる割合が多くなることによると推定されるが、鋼繊維の補強効果の点では有利な傾向と考えられる。

#### (7) SFRCの締固まり状態

吹付け施工したSFRCは、層状のポーラス部はほとんど見られず、かなり密実な状態であり、単位容積重量についても、通常の型めく打込みによる場合とほぼ同等であった。

#### (8) 曲げ強度およびたわみ変形特性

図-4は、吹付け施工したパネルより切り出した10×10×40cm<sup>3</sup>の試験体を用いた曲げ強度試験における荷重-たわみ曲線の例を示したものである。この図に示されるように、今回の結果では通常の型めく打込みによる場合とほぼ同等の曲げ強度、たわみ変形特性が得られた。これは上述のように、吹付け付着したコンクリート内の鋼繊維の混入率は、練りませ時(通常の型めく打込みによる場合)に比べて幾分低下しているものの、その二次元的な分布が通常の型めく打込みによる場合とほぼ同等の補強効果をもたらしたためと考えられる。

#### い む す び

本実験を通じて、鋼繊維補強コンクリートを吹付け工法に应用するにあたっての多くの資料を得ることができたと考えられる。なお、今回は触れていないが、本実験を含む一連の施工検討結果に基づき、実際にトンネルライニングの補修工事を施工して好成績が収められており、今後はさらに施工実績を積み重ねるとともに、吹付け厚さなどの理論的な解明についても検討を進める必要があると思われる。

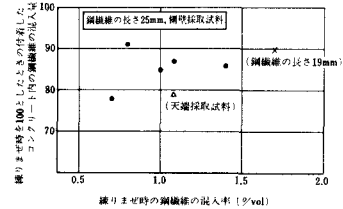


図-2 付着したコンクリート内の鋼繊維の混入率

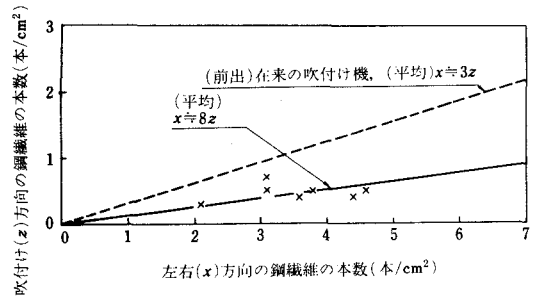


図-3 鋼繊維の分布本数の関係

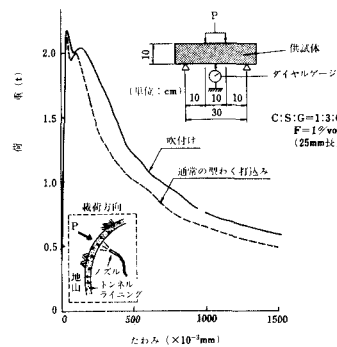


図-4 荷重-たわみ曲線の例