

吹付けコンクリートの施工性に関する考察

Study on execution efficiency of shotcrete

北海道開発土木研究所	○正 員	山 崎 勲 (Isao YAMAZAKI)
北海道開発土木研究所	正 員	吉 田 行 (Susumu YOSHIDA)
北海道開発土木研究所	正 員	田 口 史雄 (Fumio TAGUCHI)
北海道開発土木研究所	正 員	嶋 田 久俊 (Hisatoshi SHIMADA)

1. はじめに

岩盤斜面やのり面における小落石や小規模な岩盤剥離などを防止するためには、岩盤の風化や亀裂の発達などを抑止する対策が必要である。そのため、雨水や積雪などから地山の表面を防護することによって地盤の風化や亀裂の発達を抑制するモルタル・コンクリート吹付工が従来から行われている。しかしながら、その施工方法が特殊であることから、吹付けコンクリートの品質が施工条件や作業者の技術に大きく依存しており、通常のコンクリートに比べて品質の変動が大きいため、コンクリートの信頼性に課題を有している。

筆者らは、岩盤斜面の風化や小落石の防止を目的とした吹付けコンクリートについて、圧縮強度試験、曲げ強度試験、付着強度試験および凍結融解試験等を行い、吹付けコンクリートに求められる基本的な性能について試験・研究を行ってきた^{1, 2)}。その結果、吹付けコンクリートに求められる性能は、吐出性能あるいは圧送条件に起因して生じる内部欠陥の影響を大きく受けることが明らかとなった。

本研究では、さらに吐出性能あるいは圧送条件がどのような要因に影響を受けるのかを明らかにするため、単位セメント量や水セメント比の異なる、Non-AE、AE および鋼繊維補強コンクリートを用いて吹付け実験を行い、コンクリートのフレッシュ性状が圧送性および施工性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

表-1 に使用材料を、表-2 にコンクリートの配合を示す。法面保護工で使用されている吹付けコンクリートの配合は、一般的に C : S : G = 1 : 4 : 1 ~ 2 (C : セメント質量、S : 細骨材質量、G : 粗骨材質量)、水セメント比はテーブルフロー値 120mm を目安に決定している。本実験における、吹付けコンクリートの基本配合 (以下、Plain と表記) は、単位セメント量 360kg/m³、細骨材率 80%とし、モルタルフロー値が 120 程度となるように配合試験を行い決定した。なお、モルタルフロー試験にはコンクリートをウェットスクリーニングした試料を使用した。配合 No.2 および 3 (以下それぞれ、C390、W189 と表記) は、Plain をベースに単位セメント量や水セメント比を変化させたケースである。配合 No.4 (以下、AE と表記) は、吹付けコンクリートの耐久性を向上させることを目的として AE 減水剤の使用を想定したケースである。なお、混和剤の添加率は、標準添加率である単位セメント量の 0.25%とし、

Plain に練混ぜ水の一部として単純に加えた。配合 No.5 (以下、AEST と表記) は、AE に鋼繊維を添加したケースである。繊維混入率は、一般的な実績に基づいて、コンクリート容積の 1.0%とした。なお、繊維補強コンクリートの配合は、基本となる配合 (AE) に単純に鋼繊維を加えた配合とし、その容積分だけ骨材全体の容積を減らした。

2. 2 コンクリートの吹付け方法

コンクリートの吹付けは、空気圧送方式の吹付け機を用いた湿式方式で行い、実際に現場で行われる吹付け作業と同様に、木製型枠の吹付け面に対して垂直に約 1m の距離を保ちながら行った。木製型枠は、地面に対して約 5 分の勾配の斜面を想定した 60 度傾斜した支保工に取り付けた。吹付けには、直径 50mm のマテリアルホースを使用し、搬送距離は水平距離で 40m とした。なお、本実験では、コンクリートのコンシステンシーが各ケースで異なることから、吐出状態が各ケースで同様になるように吹付け圧力を調整した。これは、法面保護工の場合、吹付け作業は作業者がノズルを担いで行っているため、ある一定以上の吹付け圧力では、吹付けが困難になるためである。

2. 3 実験概要

(1) フレッシュコンクリート試験

フレッシュコンクリートの性状を把握するための試験として、スランプ試験を行った。

表-1 使用材料

材 料	詳 細
セメント	普通ポルトランドセメント、密度: 3.16g/cm ³
細 骨 材	海砂、密度: 2.73g/cm ³ 、粗粒率: 2.56
粗 骨 材	碎石、密度: 2.67g/cm ³ 、粗粒率: 6.48 最大寸法: 15mm
混 和 剤	AE 減水剤 (リグニンスルホン酸化合物および [®] リオール複合体)
混 和 材	鋼繊維 (両端フック型)、比重: 7.9、長さ: 30mm 径: 0.6mm

表-2 コンクリートの配合

No.	配合名	W/C	単位量 (kg/m ³)		混和剤 (C×%)	繊維 (vol%)
			W	C		
1	Plain	48.6	175	360	—	—
2	C390		190	390		
3	W189	52.5	189	360	0.25	1.0
4	AE	48.6	175			
5	AEST					

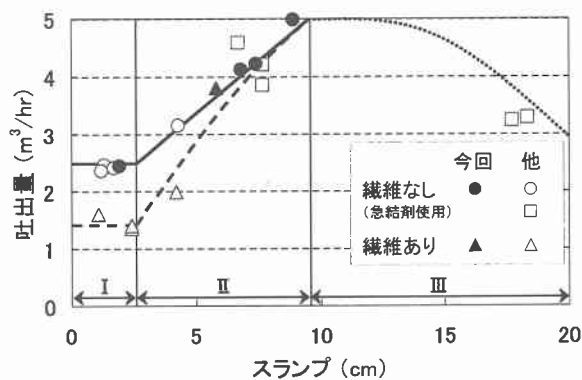


図-1 吐出量とスランプの関係

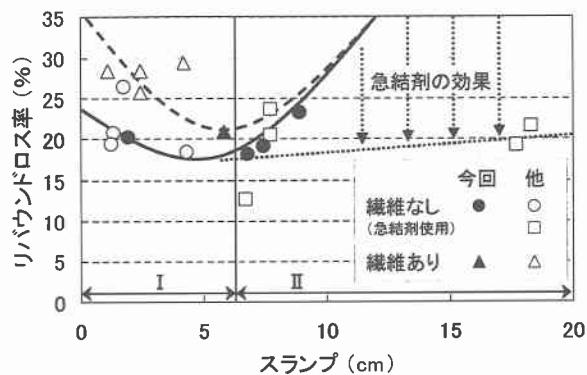


図-2 リバウンドロス率とスランプの関係

(2) 施工性の評価

施工性を評価するために、吐出量およびリバウンドロス率の測定を行った。吐出量の測定は1バッチ(0.1~0.16m³)のコンクリートがノズルから吐出して終了するまでの時間を計測し、単位時間当たりの材料の吐出容積で表した。リバウンドロス率の測定は、100×100×10cmの下端を解放した木製型枠にコンクリートを吹付けて行い、その際に跳ね返った材料の質量および付着せずに流れ落ちた材料の質量を測定し、2つを合計した質量を吹付け総質量に対する百分率で表した。なお、リバウンド測定用型枠には、型枠底板から高さ5cmの部分にラス金網を設けた。

3. 実験結果および考察

図-1に吐出量とスランプの関係を示す。本実験の範囲内において、コンクリートの吐出量はスランプが大きいほど増加する傾向にあった。これは、今回使用した吹付け機がローター式の吹付け機であったことが原因であると考えられる。ローター式の吹付け機は、スランプが大きいほど1シリンダあたりに充填されるコンクリート量が増加するため、吐出量が増加すると考えられる。この結果に、これまでの実験結果¹⁾を合わせると、吐出量とスランプの関係は、図-1に示したような3つのゾーンに分けて考えることができる。Ⅰゾーンは、ほぼゼロスランプの領域であるため、吹付け機のシリンダに落ちるコンクリート量は少なく、その差もほとんど無いと考えられる。ただし、繊維を混入した場合、繊維の混入によって分離抵抗性が増すため、無添加の場合よりも吐出量が減少したと考えられる。Ⅱゾーンは、スランプが大きいほど吐出量が増加する領域である。この領域においても、繊維を混入した場合、分離抵抗性は増すと考えられるが、スランプが大きくなるに従ってその効果は小さくなると考えられる。Ⅲゾーンにおいては、シリンダが満杯になるスランプまで吐出量は増加するが、その後減少すると考えられる。これは、流動性の増加すなわち単位水量の増加によってコンクリートは分離するが、分離させないために混和剤を添加し粘性が増しているため、シリンダに充填されるコンクリート量は増加するものの、管壁との摩擦抵抗が増加し、吐出口に到達するまでに多くの時間が必要となることが原因であると考えられる。

図-2にスランプとリバウンドロス率の関係を示す。本実験の範囲内においては、おおむね20%程度のリバウンド

ロス率であったが、この結果にこれまでの実験結果¹⁾を合わせると、リバウンドロス率とスランプの関係は、図-2に示したような2つのゾーンに分けて考えることができる。Ⅰゾーンにおけるリバウンドロス率は、スランプが大きくなるに従って減少している。これは、スランプの増加に伴ってシリンダに充填されるコンクリート量が増加することから、付着に必要なペースト分がより多く吐出されるためと考えられる。Ⅱゾーンにおけるリバウンドロス率は、スランプの増加に伴って増加すると考えられる。これは、スランプの増加に伴って付着せずに流れ落ちてしまう量が増加するためである。しかし、このリバウンドロス率の増加は、急結剤の使用によって改善が可能であると考えられる。

4. まとめ

以上の結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 吐出量は、スランプの増加すなわち流動性が良くなるに従い増加する傾向にあった。しかし、材料分離を起こさないよう混和剤を添加して流動性をよくした場合、粘性が増すため、あるスランプの値から吐出量は減少すると考えられることから、今後検討を行っていく。
- (2) 鋼繊維を混入した場合、無混入に比べて吐出量は少なくなるが、スランプの増加とともにその差は小さくなる。
- (3) リバウンドロス率は、ペースト分の増加に伴い減少するが、流動性が良すぎると付着せずに流れ落ちてしまうため、あるスランプの値から増加する。

このように、吹付けコンクリートの吐出量およびリバウンドロス率を考えた最適なスランプの推定が可能となり、工期の短縮や使用材料量の最適化によるコスト削減に大きく寄与するものと考えられる。今後は、吐出性能あるいは圧送条件が吹付けコンクリートの硬化特性に及ぼす影響について検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 山崎勲ほか：岩盤の風化防止を目的とした吹付けコンクリートのフレッシュ性状、土木学会北海道支部論文報告集、第56号/V-5、pp476-479、2000.2
- 2) 吉田行ほか：岩盤の風化防止を目的とした吹付けコンクリートの凍結融解抵抗性、土木学会第55回年次学術講演会、V-228、2000