

V-5

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

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 山崎 勲
北海道開発局 開発土木研究所 正会員 吉田 行
北海道開発局 開発土木研究所 正会員 熊谷 守晃

1. はじめに

吹付けコンクリートは、NATM工法におけるトンネルの一次覆工用として多くのトンネル工事現場で施工されており、その分野での研究が多くなってきている。しかし、岩盤の風化防止を目的とした吹付けコンクリートについては、従来あまり研究が行われていない現状にある。

NATM工法で用いられている吹付けコンクリートは、有スランプであるため、その品質をスランプで管理している。しかし、法面保護工で用いられている吹付けコンクリートは、湿式の場合ゼロスランプであることが多く、スランプでの管理は実質的に困難であり、モルタルフロー値120程度を目安とするに留まっている。これは、法面保護工がモルタル吹付けで始められたことが背景にあるが、現在はコンクリート吹付けが主流であり、この評価方法を見直す必要があると考える。

本研究では、湿式コンクリート吹付けで用いられているコンクリートのフレッシュ性状について検討するとともに、モルタルフロー試験によるコンシステンシー評価の適用性について検討を行った。

2. 試験概要

2. 1. 使用材料

表-1に使用した材料を示す。

セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材は苫小牧樽前産海砂を、粗骨材は小樽市美晴産砕石を使用した。補強繊維は鋼繊維及びポリプロピレン繊維の2種類を使用した。混和剤を使用したケースではAE減水剤を使用した。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 比重=3.16
細骨材	苫小牧樽前産海砂 比重=2.72 粗粒率=2.61 吸水率=1.08
粗骨材	小樽市美晴産砕石 最大寸法=15mm 比重=2.67 粗粒率=6.48 吸水率=1.64
水	水道水
繊維	鋼繊維 比重=8.0 繊維長=30mm 繊維径=0.8mm
	ポリプロピレン繊維 比重=0.91 繊維長=30mm 繊維径=0.76mm
混和剤	リグニンスルホン酸化合物及びポリオール複合体
急結剤	無機塩（液体）

2. 2. 配合

表-2に配合を示す。

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、一般に湿式コンクリート吹付けの場合、C：S：G（C：セメントの重量、S：細骨材の重量、G：粗骨材の重量）＝1：4：1～2を、W/C＝50～55%程度が標準とされている^{1,2)}。また、経験的にモルタルフロー値が120程度となるコンクリートは、圧送性の観点から最適であ

表-2 配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AE 減水剤 (C%)	繊維 混入率 (Vol%)
			W	C	S	G		
Plain	48.6	80	175	360	1,439	352	—	—
ST					1,417	347		(ST)1.0
PP					1,428	350		(PP)0.5
Pl-Ad					1,439	352	0.25	—
PP-Ad					1,423	350		(PP)0.5

Behavior of fresh shotcrete to control weathering of rock-bed.
by Isao YAMAZAKI, Susumu YOSHIDA, Moriaki KUMAGAI

ると言われている。そこで本試験では、一般的に用いられている配合に基づき、単位セメント量を 360kg/m^3 、細骨材率を80%に固定し、モルタルフロー値が120となるようなコンクリートの配合を基本とした。

ST及びPPの繊維補強コンクリートの配合は、基本配合に繊維を加え、その容積分だけ骨材全体の容積を減らすこととした。なお、鋼繊維はコンクリート体積の1%、ポリプロピレン繊維はコンクリート体積の0.5%を混入した。

Pl-Ad及びPP-AdのAE減水剤を用いた配合は、Plain及びPPに練混ぜ水の一部として混和剤をセメント重量の0.25%加えた。

2. 3. 試験内容

フレッシュ性状を把握するための試験として、スランブ試験、モルタルフロー試験、空気量測定、単位容積質量の測定、吐出量測定及びリバウンドロス率の測定を行った。モルタルフロー試験では、練り上がったコンクリートを5mmふるいでウェットスクリーニングした試料を用いた。また、PP-Adを除いた全配合については、配合から粗骨材を抜いてモルタルミキサで練り混ぜた試料を用いての試験も行った。スランブ及びモルタルフロー試験は、吹付け前の試料を用いて行った。空気量及び単位容積質量の測定は吹付けの前後に行い、吹付け後の空気量は空気量測定容器にコンクリートを直接吹付けて単位容積質量を測定し、重量法により空気量を算出した。吐出量の測定は、1バッチ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、 $100\times100\times10\text{cm}$ 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を測定し、吹付け総質量に対する跳ね返り質量を百分率で表した。なお、リバウンド測定用型枠には厚さ5cmの部分にラス金網を設けた。コンクリートの練混ぜには200ℓボルテックスミキサを使用し、吹付けは空気圧送式の吹付け機を用いた湿式吹付け方式で、地面に対し60°傾斜した支保工に取り付けた木製型枠に約1mの距離を保ちながら行った。

3. 試験結果及び考察

3. 1. スランブ及びモルタルフロー値

表－3に今回得られたフレッシュコンクリートの性状を示す。

混和剤を添加した場合、一般的なコンクリートと同じように流動性が増し、スランブ及びモルタルフロー値は大きくなった。

繊維を混入した場合、繊維の混入により流動性が低下すると予想していたが、スランブ及びモルタルフロー値ともPlainと比べて大差なく、モルタルフロー値はむしろ大きくなる傾向が見られた。これは、モルタルフロー試験に用いた試料がコンクリートをウェットスクリーニングした試料であるため、コンクリート中の繊維もふるいの中にとどまり、モルタルフロー試験に用いた試料がPlainのモルタルに近くなったこ

表－3 フレッシュコンクリートの性状

配合	スランブ (cm)	フロー値		空気量(%)		単位容積質量		吐出量 (m^3/h)	リバウンドロス (%)
		W.S	モルタル	吹付け前	吹付け後	吹付け前	吹付け後		
Plain	1.0	120	149	4.6	4.9	2,364	2,330	2.35	19.4
ST	2.5	124	131	6.1	7.7	2,387	2,313	1.43	25.8
PP	2.5	130	※(137)	4.7	6.5	2,328	2,281	1.85	22.4
Pl-Ad	6.5	139	167	6.0	12.3	2,336	2,146	4.59	12.7
PP-Ad	8.5	140	—	6.9	8.2	2,309	2,239	4.90	※(24.6)

※は参考値、W.Sはウェットスクリーニングの略

と、および、これらのコンクリートがスランブ2.5cmと硬練りであるため、繊維混入による影響が明確にならなかったことなどが原因と考えられる。

図-1 にコンクリートをウェットスクリーニングした試料によるモルタルフロー値と、モルタルミキサによって練混ぜた試料によるモルタルフロー値の比較を示す。

PPの値は、繊維を0.1%vol添加した時の値(140)と1.0%vol添加したときの値(135)から推定した値であり参考値である。モルタルミキサで練混ぜた試料を用いた場合、ウェットスクリーニングした試料を用いた場合と比べて全配合ともモルタルフロー値は大きくなった。また繊維を混入したモルタルフロー値はPlainよりも明らかに小さくなり、ウェットスクリーニングした試料による試験結果とは傾向が異なった。このことから、ウェットスクリーニングはモルタルフロー値に影響を及ぼすことが明らかとなり、ウェットスクリーニングした試料によるモルタルフロー試験では吹付けコンクリートのコンシステンシーを必ずしも適切に評価できていない可能性があると思われる。

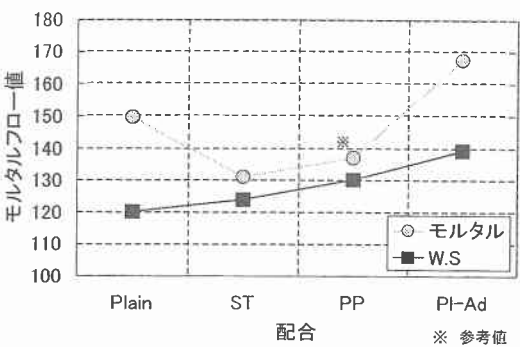


図-1 モルタルフロー値の比較

3. 2. 空気量

図-2 に本試験で得られた空気量を示す。

空気量は吹付けの前後で大きな違いがあった。測定容器に直接吹付けて採取した空気量の方が大きく、吹付けにより空気を巻き込んだことが原因と考えられる。

繊維の混入による影響を見ると、鋼繊維を混入したコンクリートはPlainよりも空気量が大きく、鋼繊維の混入により空気を巻き込みやすくなったものと考えられる。しかし、ポリプロピレンを混入した場合にはそのような傾向は認められなかった。これは、繊維の比重が影響したものと考えられ、比重の大きい鋼繊維の場合、繊維自体が練混ぜを促進する作用をもたらすが、ポリプロピレンの場合比重が軽く、練混ぜ作用にほとんど影響しなかったことによるものと思われる。

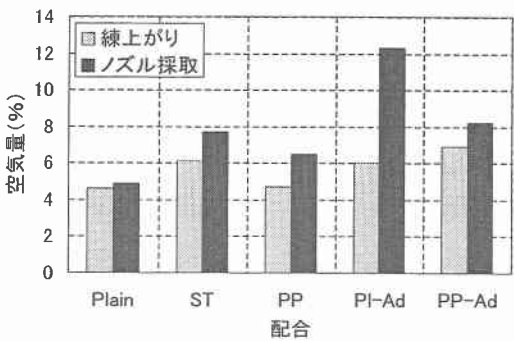


図-2 空気量

3. 3. 単位容積質量

図-3 に単位容積質量とモルタルフローの関係を示す。

単位容積質量は吹付けの前後で異なり、吹付け後のコンクリートは吹付け前のコンクリートよりも小さくなる傾向が見られた。こ

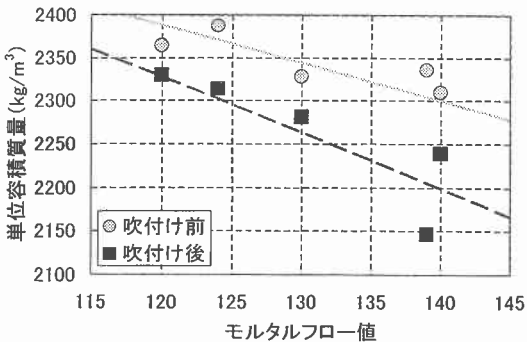


図-3 単位容積質量とモルタルフロー値の関係

れは吹付けによるリバウンドや、空気の巻き込みが影響したものと思われる。また、モルタルフロー値が大きいほど単位容積質量は小さくなる傾向が見られた。

3. 4. 吐出量及びリバウンドロス率

図-4 に吐出量とウェットスクリーニングした試料によるモルタルフロー値の関係を、図-5 に吐出量とモルタルミキサによって練混ぜた試料によるモルタルフロー値の関係を示す。

吐出量に関しては、繊維の混入により吐出量が低下し、AE減水剤を使用したコンクリートは吐出量が大きくなることが確認された。本試験の範囲内においては、モルタルフロー値が大きいほど吐出量は増加する傾向が見られた。

リバウンドロス率に関しては、Plainに比べて繊維を混入したコンクリートの方が大きくなる傾向が見られるが、急結剤の使用によりリバウンドロス率は改善されることがわかった。表-3 ではPP-Adのリバウンドロス率が大きくなっているが、これはマテリアルホース中に何らかの原因で残っていた水等が混入したためであり、その後行った吹付けのリバウンドを見た限りではPI-Adと変わらずリバウンドロス率は少なかった。

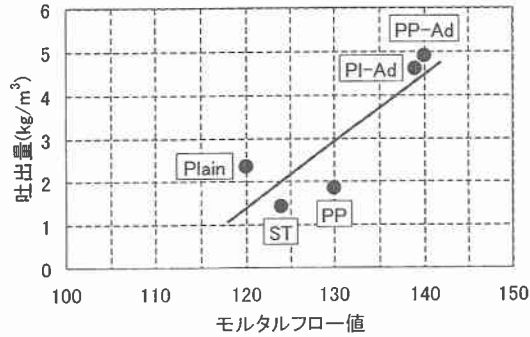


図-4 吐出量とモルタルフロー値(W.S.)の関係

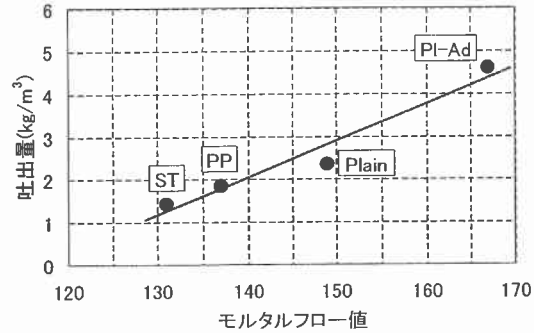


図-5 吐出量とモルタルフロー値(モルタル)の関係

4. まとめ

以上の結果をまとめると以下になる。

- (1) モルタルフロー試験はウェットスクリーニングの影響を受けるため、必ずしも吹付けコンクリートのコンシステンシーを適切に評価できない可能性がある。
- (2) 吹付けコンクリートは吹付け時に空気を巻き込むため、吹付け前のコンクリートよりも空気量が多くなるが、この空気量の増加はペースト中の微小気泡ではなくコンクリート中に生じる空隙によるものと考えられる。
- (3) 本試験の範囲内において、吹付けコンクリートの吐出量はモルタルフロー値が大きいほど増加する傾向にある。
- (4) 繊維補強吹付けコンクリートは、リバウンドロス率が大きくなる傾向にあるが、急結剤の使用により改善可能であり、急結剤の使用はモルタルフローが大きい場合にも有効である。

[参考文献]

- 1) 鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアル(法面保護工編), 社団法人 鋼材倶楽部および SFRC構造設計施工研究会 編, 技報堂出版, 1995
- 2) 道路土工のり面工・斜面安定工指針, 社団法人 日本道路協会 編, 丸善株式会社, 1987