

高品質吹付けコンクリートの粘性に関する考察

日本鉄道建設公団	正会員	越智 修
石川島建材工業(株)	正会員	室賀 陽一郎
住鉱コンサルタント(株)	正会員	末永 充弘
(株)フジタ	正会員	伊藤 祐二
リブコンエンジニアリング(株)	正会員	門倉 智

1. はじめに

日本鉄道建設公団は、コンクリートの粘性を活用した高品質吹付けコンクリートを開発し、現在では 80 トンネル以上の施工実績を有している¹⁾。本工法は、シリカフューム(SF)を結合材量の内割りで 5%，石灰石微粉末(L)を細骨材量の 0.15mm 以下含有率と合わせて 15%となるように内割りで置換し、分割練混ぜ(SEC)工法²⁾により製造することが特徴である。従って、総粉体量は 450kg/m³程度含有されており、水結合材比(W/(C+SF)) 60%，水粉体比 50%となり、スランプ 8cm 程度でも圧送性が良く、はね返り、粉じん発生量が小さい等、従来の吹付け工法に比して著しく施工性の良い結果を得ている。

著者らは、高品質吹付けコンクリートの効果的な粘性を定量的に把握するため、モルタルフロー試験の他、新たに羽根沈入型粘性試験器(羽根沈入型試験器)³⁾による測定値も加えて検討した結果、施工性向上に寄与していると考えられる新たな粘性特性および造殻モデル¹⁾の実証を示唆する結果を得たので、以下に試験内容および検討結果について述べる。

2. 試験概要

モルタルの使用材料、配合を表 - 1 および表 - 2 に示す。配合 A は基本的に前述した高品質吹付けコンクリートのモルタル部分とし、配合 B は微粉体(SF, L)混入の有無による粘性への影響も合わせて検討するために設定した。

練混ぜ方法を、従来の一括練り(以下、一括)、分割練り混ぜ(以下、SEC)の 2 種類としモルタルの粘性を比較した。材料投入順序、練混ぜ時間は図 - 1 に示すとおりである。

粘性評価は、断続モルタルフロー試験および羽根沈入型試験によった。は通常のモルタルフロー試験(JIS R 5201)を行う要領でフローテーブル落下 1～10 回までは 1 回毎のフロー値を測定し、それ以降は連続して 15 回まで落下させてフロー値を測定するものであり、落下回数とフロー値の関係から粘性を評価しようとするものである。

はモルタルをビンガム流体として扱い、試料を入れた容器内に 3 枚の羽根が取付けられた棒を自重で沈入させるものである。せん断応力度{(羽根の重量 W)/(羽根の面積 A)}と沈入速度{(沈入深さ L)/(沈入時間 T)}の関係から、塑性粘度 η が既知である試料により得た校正線を用いて塑性粘度を算出する。

3. 試験結果

図 - 2 に断続モルタルフロー試験結果を示す。図中、凡例の f_{15} の値はテーブル落下 15 回後のフロー値である。この図によると、A および B 配合のモルタルフロー値はテーブル落下回数が 8 回程度までは、練混ぜ方法の相違による値の差が多少認められるが、それ以後はほぼ同一の値を示している。ここで、モルタルフロー試験は試料に一定時間毎にフローテーブルの上下動による一定衝撃エネルギーを与えて、テーブル上に広がる試料の直径を測定することから、一定時間内、一定荷重下での変形量、すなわち変形速度を測定していると見なすことが可能で、モルタルフロー値は塑性粘度と関係が深いと

表 - 1 モルタルの使用材料

材料	記号	仕様	比重
セメント	C	普通ポルトランドセメント	3.16
細骨材	S	青森産混合砕砂	2.64
	L	石灰石微粉末(100メッシュ)	2.70
混和材	SF	シリカフューム	2.20

表 - 2 モルタルの配合

記号	W/(C+SF) (%)	S/(C+SF)	単位質量(kg/m ³)				
			W	C	Sf	S	L
A	57	3	282	469	25	1319	148
B				505	-	1464	-

[SEC工法]

S+W1 $\xrightarrow{30s}$ C+SF+L $\xrightarrow{60s}$ W2 $\xrightarrow{60s}$ END

[一括練り]

S+L+C+SF+W $\xrightarrow{90s}$ END

注) W1 : 一次水 W2 : 二次水

図 - 1 練混ぜ方法

キーワード：粘性、高品質吹付けコンクリート、分割練混ぜ、試験方法

連絡先：〒252-1121 神奈川県綾瀬市小園 720 TEL:0467-77-8554 FAX: 0467-77-4314

考えられている。従って、フローコーン解放後の試料直径(f_0)が同一で同一テーブル落下回数におけるフロー値が大きい場合には、変形速度が大きく、試料の塑性粘度が小さいと考えられる。試験結果では微粉体を使用することでフロー値が小さくなっており、粘性は増加しているものと考えられるが、練混ぜ方法による差は捉えられなかった。

図-3に羽根沈入型試験結果を示す。図中 η は試験結果から算出した塑性粘度を示す。また、ピングラムモデルによるとW/A軸切片は降伏値を示すことになる。練混ぜ方法について検討すると、同一配合において一括の場合と比べてSECの場合に、モルタルの降伏値が大きく、塑性粘度が小さくなっており、微粉体(SF, L)を添加すると顕著である。また、微粉体の有無による相違を検討すると、一括の場合には微粉体の使用により降伏値および塑性粘度が大きくなっている。一方、SECの場合には微粉体の使用により降伏値は大きく、塑性粘度は小さくなっており、練混ぜ方法により異なった傾向が得られた。

4. 考 察

SECは練混ぜ時に細骨材をキャピラリー状態のペーストで造殻することを特徴とし(図-4・二次造殻)、羽根沈入時の細骨材摩擦抵抗は小さいと考えられる。また、SECモルタルに流動性を付与するスラリー状態のペースト(図-4・フレッシュ時)は、一括練りモルタルのペーストに比べ水結合材比が小さくなると考えられる $\{W_2/(C+SF) < W/(C+SF)\}$ 。このことが、SECの場合はモルタルの降伏値が大きく、塑性粘度が小さくなったことと関係していると推定される。特に、SF有りの場合にはSECで練混ぜたことで、SFが十分分散(図-4・一次造殻)し、そのボールベアリング効果により、塑性粘度が低下したものとする。羽根沈入型試験の結果は、高品質吹付けコンクリートのポンプ圧送性および吹付け時の施工性が良好なことを裏付けているものと考えられる。

5. まとめ

高品質吹付けコンクリートの粘性について、既存の断続モルタルフロー試験、羽根沈入型試験を行って検討した結果、次のことがわかった。

- 1) 断続モルタルフロー試験においては微粉体混入により粘性の増加傾向(羽根沈入型における降伏値増加と同傾向)は捉えられたが、練混ぜ方法による明確な違いは捉えられなかった。
- 2) SECの特徴とされる造殻効果によると考えられる現象により、降伏値の増加および微粉体混入時に塑性粘度が大きく低減することが認められた。一方、SECの分離抵抗性については、これを示唆する傾向は認められなかった。
- 3) 羽根沈入型試験での塑性粘度が細骨材粒子と壁面との摩擦係数に大きく影響されているものとすれば、SECの場合、(打込みも含む)ポンプ圧送性が良いことが裏付けられたと考えている。

羽根沈入型試験器による測定は緒に付いたばかりであり、今後は測定実績の積み重ね、測定値の特性、塑性粘度の経時変化などについて明確化を図ると共に、測定精度の向上を目指して行きたい。

< 参考文献 >

- 1) 伊藤, 越智, 末永ほか: 分割練混ぜ(SEC)による新吹付けコンクリートの硬化特性, トンネル工学研究論文報告集, 第10巻, 2000
- 2) 土木研究センター: 土木系材料技術・技術審査証明書報告書(技審証)「SEC コンクリート」, 1998
- 3) 室賀, 伊達, 大須賀: モルタルの粘性評価試験装置の開発, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集, 第5部, 2000

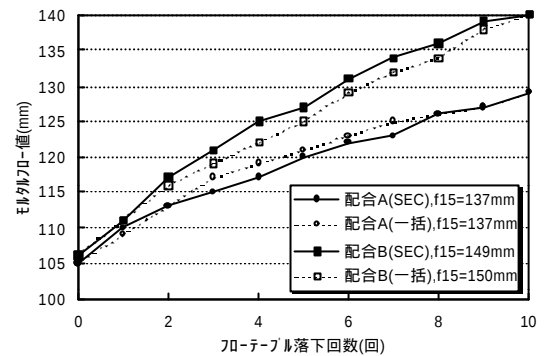


図-2 断続フロー試験結果

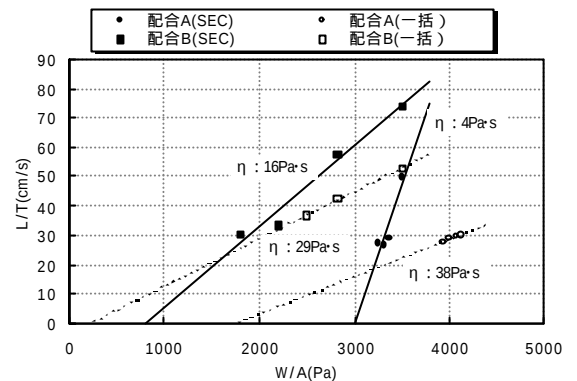


図-3 羽根沈入型試験結果

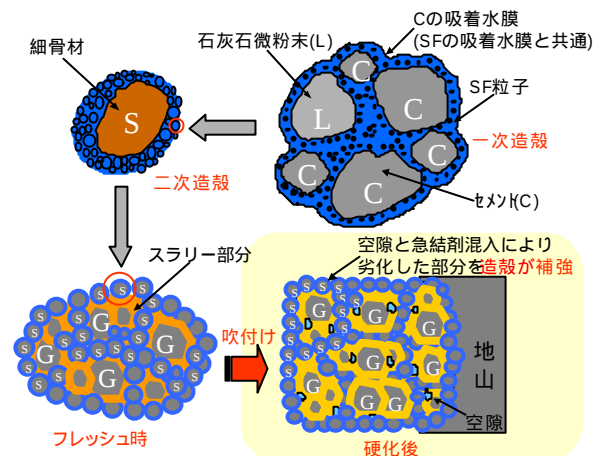


図-4 高品質吹付けコンクリートの造殻モデル