

(株) 浅沼組技術研究所 正会員 ○立松 和彦

(株) 浅沼組技術研究所 正会員 土岐 晃生

(株) 浅沼組土木本部 正会員 下西 四郎

1. はじめに

鉄道高架橋柱などの耐震補強工法の一つとして、鋼板巻立て工法がある。鋼板と躯体との隙間を充填する充填材には無収縮モルタル、グラウト材、樹脂などが用いられている。しかし無収縮モルタルなどの充填モルタルでは、可使時間が短い、高価であるなどの問題点があった。本報告では、充填モルタルを対象を絞り、従来の充填モルタル（充填モルタル用の無収縮混和材をモルタルに添加するタイプ、「従来タイプ」とする）と同等の性能（強度、収縮など）を有し、流動性状が良く、可使時間の長い、経済的な高流動充填モルタル（「高流動タイプ」とする）について実験・検討した。このモルタルは、通常の1：2モルタルをベースに配合を調整し、膨張材と高性能A E減水剤を生コン工場で添加して製造している。

2. 実験概要

まず、物性試験に先立って予備試験を実施し、セメント量・単位水量・高性能A E減水剤の量を変化させて配合を調整した。その結果に基づいて膨張率・圧縮強度・ブリーディング率などの物性試験を行った。次に、グラウトポンプによる圧送試験を実施した。配管長さおよび高さを変えて、吐出量や吐出圧を測定した。これらの結果をふまえて、打設試験を行った。模擬コンクリート柱の外周に充填厚が30mmになるように鋼製型枠をセットし、ポンプ圧送した充填モルタルをその隙間に打設した。

2.1 使用材料および配合 セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は山砂と砕砂の混合砂（混合比は7：3）を使用した。混和材料として、従来タイプのモルタル（記号A1）には、充填モルタル用の無収縮混和材（記号「GAD」）を用いた。高流動タイプのモルタル（記号B1, B2, B3）には、膨張材（記号「EXP」）と、ポリカルボン酸系の高性能A E減水剤（記号「SP8S」）を用いた。配合を表-1に示す。試料B1, B2は膨張材の添加量を、B3は単位水量を変えている。

表-1 充填モルタルの配合および試験項目

モルタル 記号	W/C (%)	s/c	セメント量 kg/m ³	混和材(C内割)			高性能AE SP8S	実施した主な試験			
				GAD kg/m ³	EXP kg/m ³			膨張率	ブリーディング率	ポンプ圧送	打設試験
A1	41	1.92	750	75	—	—	○	○	—	—	従来タイプ
B1	41	1.92	750	—	C*6%	C*0.65%	○	○	—	—	高流動タイプ
B2	41	1.92	750	—	C*4%	C*0.65%	○	—	—	—	高流動タイプ
B3	39	1.98	750	—	C*6%	C*0.90%	—	○	○	○	高流動タイプ

(膨張材)

表-2 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
J14ロート時間	容量640cc, 排出口径14mmの黄銅製ロートを用い、土木学会基準（P Cグラウト試験方法）に準じて流下時間を測定した。
圧縮強度	供試体はφ5×10cmとし、土木学会基準（P Cグラウト試験方法）に準じた。ただし養生は試験時まで封かん養生とした。
膨張率	拘束膨張：JIS A 6202(コンクリート用膨張材)に準じた。供試体は10×10×40cmとした。
	自由膨張：JIS A 1129(モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験)に準じた。供試体は4×4×16cmとし、材齢1日を基準長とした。
ブリーディング率	JIS A 1123(コンクリートのブリーディング試験方法)に準じた。

3. 物性試験

3.1 試験項目および試験方法 試験項目および試験方法を表-2に示す。流動性の目標値は、練り上がり5分後の値でJ14ロート値 8 ± 2 秒とした。また、物性試験では、骨材の種類による影響を検討するために一部、海砂と砕砂の混合砂（混合比8：2）を使用

Kazuhiko TATEMATSU, Teruo TOKI, Shirou SHIMONISHI

した。膨張率の測定は、供試体を鋼板および鋼棒で拘束する拘束膨張と、自由に膨張・収縮できる自由膨張の2通りで実施した。ブリーディング試験は、空気量測定用容器を用い、JIS A 1123に準じてブリーディング率を計算した。

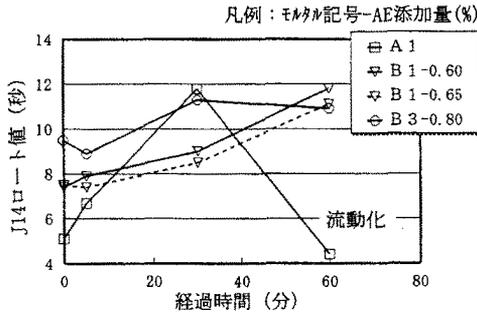


図-1 流動性状の経時変化

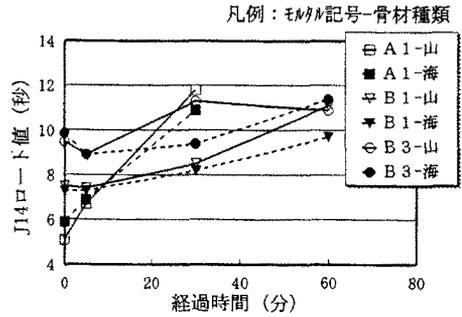


図-2 骨材の違い

3.2 物性試験の結果 図-1に流動性すなわちJ₁₄ルート値の経時変化を示す。高流動タイプ(B1, B3)では、高性能AE減水剤の添加量によって初期の流動性が調整でき、練混ぜ後60分程度までは経時変化も小さく良好な流動性を示すことがわかった。なお、高流動タイプでは練り上がり直後よりも練混ぜ後5分の方が流動性が高くなっているが、これは高性能AE減水剤の効果が発揮されるのに若干の時間を要するためと考えられる。従来タイプでは練り上がり直後の流動性が最も高く、その後流動性は急激に低下し、30~40分程度が使用限度と考えられる。図中の「流動化」は、流動化剤を添加して流動性を回復させたことを示している。

骨材の違いに関しては、図-2のとおり海砂がやや流動性が良いようであるが、顕著な差ではなかった。

図-3に膨張率の試験結果を示す。自由膨張では膨張材を6%添加したB1が、拘束膨張では膨張材を4%添加したB2が、従来タイプ(A1)とほぼ同等の膨張性状を示していた。このことより、高流動タイプでは膨張材をセメント量の4~6%程度添加すれば、従来タイプのもと同程度の無収縮性を得られると考えられる。

表-3にブリーディング率の試験結果を示す。B3とA1が同程度、B2は少し大きくなったがそれでも1%強であった。高流動タイプのモルタルでは、単位水量、高性能AE減水剤の添加量を適切に調整すればブリーディング率を1%程度以下に抑制できることが確認できた。また、圧縮強度については、20℃封かん養生の材齢28日で、A1: 450~500kgf/cm², B1~B3: 500~550kgf/cm²であった。

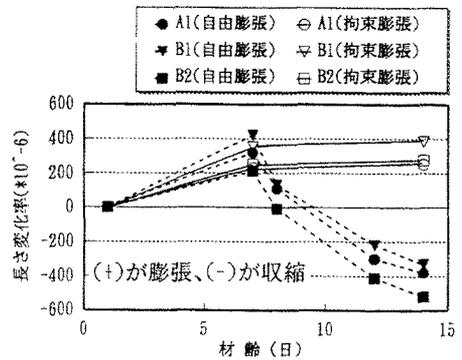


図-3 膨張率(長さ変化試験)

表-3 ブリーディング試験

モルタル記号	ブリーディング率	
A1	0.14%	従来タイプ, W/C 41%
B1	1.21%	高流動タイプ, W/C 41%
B3	0.46%	高流動タイプ, W/C 39%

4. ポンプ圧送試験

4.1 ポンプ圧送試験の概要 ポンプ圧送試験では、試料をグラウトポンプ（無段変速、ロータリー式）で圧送し、吐出量、吐出圧の確認を行った。配管は次のとおりとした。

- ① 水平 40m; 40m(φ40mm)+テーパー管(φ40mm→25mm)
- ② 水平 45m; 40m(φ40mm)+テーパー管+5m(φ25mm)
- ③ 水平 40m+垂直 5m; 40m(φ40mm)+テーパー管+5m(φ25mm)

吐出圧はポンプの吐出口で計測した。試料の配合は、B3である。J14ロート値は練り上がりで約10秒、60分後の筒先（圧送後）で10.2秒であった。

4.2 ポンプ圧送試験の結果 試験結果を図-4に示す。配管長さ・高さによって吐出圧は変わるが、いずれの場合も吐出量とほぼ比例関係にあった。

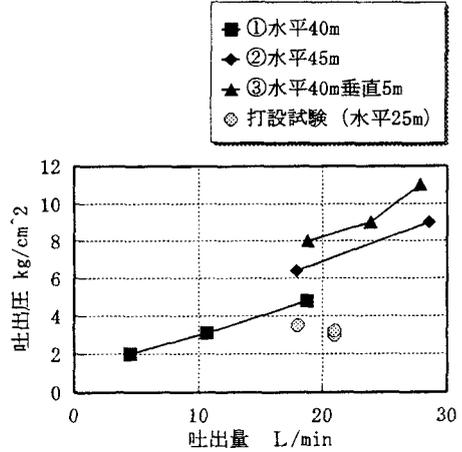


図-4 ポンプ圧送試験の結果

5. 打設試験

5.1 打設試験の概要 打設試験の試験体は900mm角のコンクリート柱（四隅は面取り）の外周に充填厚が30mmになるように鋼製型枠をセットした。高さ900mmを3体、1800mmを2体とした。流動勾配を測定するために、一部に透明型枠を使用した。充填モルタルは生コン工場で練り混ぜ、膨張材、高性能AE減水剤は練り混ぜ時に手投入とした。現場での荷卸時には骨材の過大粒やセメントのダマを除去するために、10mmふるいを通過させてアジテータ付きタンクに投入した。打設速度は、ポンプ圧送試験の結果などから、20 l/minとした。柱試験体への投入はコーナーの天端1ヶ所とし、締め固めを行わずに連続的に投入した。打設試験時の機器構成は図-5のとおりである。配管は、水平 2.5m (φ40mm; 20m+テーパー管+φ25mm; 5m)である。アジテータ付きタンクは、流動性の保持、荷卸時の10mmふるいの通過、生コン車の待ち時間の短縮、などのために用いている。先に実施したポンプ圧送試験でも同様の機器構成とした。

5.2 打設試験の結果 流動性の経時変化を図-6に示す。出荷時に比べて荷卸時の流動性がかなり変化している。室内試験の結果（図-1）とやや異なった挙動を示した。運搬時のアジテートの影響、高性能AE減水剤の効果、水量の過多、などの原因が推測された。

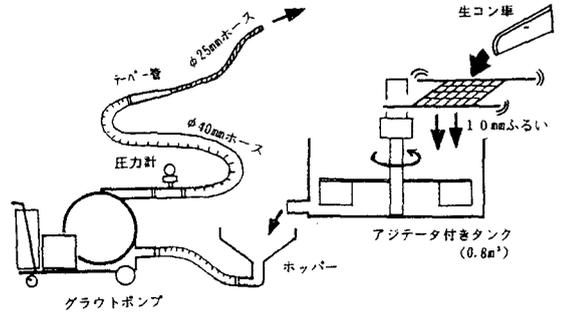


図-5 機器構成

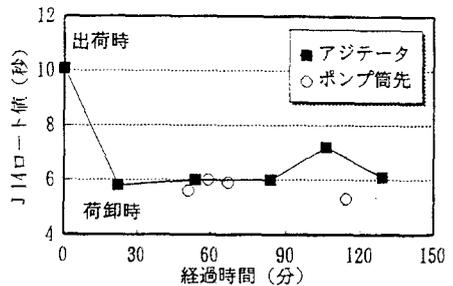


図-6 流動性状の経時変化（打設試験）

写真-1に打設時の状況を、図-7に測定した流動勾配の例を示す。高流動タイプの流動勾配は、3~10度程度であった。打ち込み高さ、充填厚さ、モルタルの流動性、下地の状態、打設速度、などの状況により異なってくると思われる。今回の実験では、想定していたよりも流動性が良かった(J₁₀値で約6秒)こともあり、1ヶ所からの打設で四周を充填できた。もう少し流動性が悪く(J₁₀値で約10秒程度)でも、2ヶ所から打設する、バイブレータを補助的に使用するなどの工夫で、充填厚さ30mmへの打設は十分可能と考えられる。モルタルの硬化後、型枠を脱型して、底部、

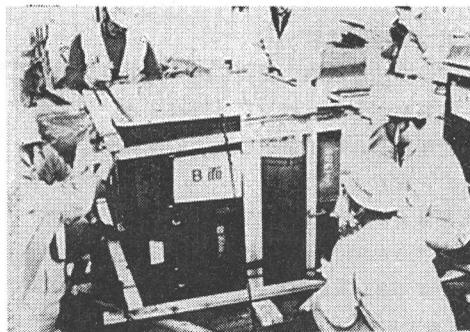


写真-1 打設時の状況 (試験体高さ900mm)

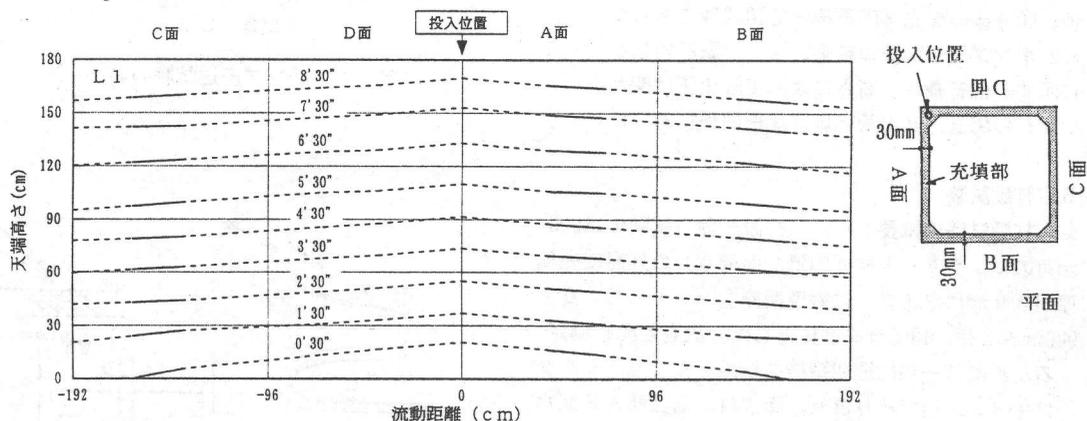


図-7 流動勾配の例 (試験体高さ1800mm)

隅部まで充填できていることを確認した。なお、コーナー部などの上部に一部、ひび割れおよび浮きが認められたが、モルタルの流動性を適切な範囲にし、また、ブリーディングの少ない配合にすることで、こうした欠陥部の発生を抑えられると考えている。ポンプ圧送については事前の試験の通り順調に圧送することができた。段取り替えなどの時間を考慮した打設効率は、約60%であった。

6. まとめ

今回の実験結果から、以下のことがわかった。

- 1)モルタルに膨張材と高性能AE減水剤を添加して、流動性・可使時間に優れた高流動充填モルタルを製造することが可能である。
- 2)この高流動充填モルタルは、モルタルの配合、混和材料の添加量を適切に調整することによって、従来の充填モルタルと同程度の膨張率・ブリーディング率などの物性を示す。
- 3)この高流動充填モルタルは、生コン工場で製造し、現場でポンプ圧送することが可能である。
- 4)充填厚さ30mmの充填部にも打設することが可能である。

最後に、今回の実験を実施するに当たり多大な御協力をいただきました関係各位に深甚の謝意を表します。