

廃材微粉末を用いた高流動モルタルの流動特性と硬化性状

九州東海大学工学部 正会員 坂田康德

1. はじめに

近年、産業廃棄物の急激な増加に伴って建設廃材の再利用が強力に推進されている。特にコンクリート廃材の再利用については、構造物の解体によって生じたコンクリート片を破砕機で破砕し、路盤材やコンクリート用骨材に再利用する方法が実施、検討されている。しかしながら、その一方で大量の廃材微粉末も発生しており、廃材処理を円滑に推進するためには、廃材微粉末の再利用法の開発が不可欠と考えられる。本研究は、廃材微粉末を主な結合材とするモルタルを用いて路面下に埋設する配管工事等における埋め戻し材や、セメントを用いずに低強度のコンクリート相当の硬化体を製造する方法について検討したものである。

1. 実験概要

実験では、市場の加熱すりもみ処理過程で発生する廃材微粉末を主な結合材として使用し、これに高炉スラグ微粉末を0～10%添加すると共に、施工性改善の目的で結合材の一部として石膏ボード廃材破砕物を混合使用した。細骨材は5mm以下のコンクリート破砕物をそのままの粒度で使用すると共に、高流動化に伴う材料分離を防ぐため、フライアッシュを細骨材の一部として10～20%混合した。また、高強度を得るケースではシリカヒュームを廃材微粉末重量の内割りで10%混合使用した。さらに、高流動性確保のためポリカルボン酸系の高性能減水剤を使用した。試験はJIS R 5201に準じて静置フロー値を測定すると共に、4×4×16cm角柱供試体3本を作成して標準養生材令28日における圧縮強度を測定した。低強度を目的とする道路用埋め戻し材については水結合材比を65%から100%の範囲で強度を調査した。高強度を目的とするケースでは水結合材比を45～60%の範囲で調査した。使用した各材料の特性値を表-1に示している。

表-1 各材料の特性値

名 称	記号	特 性 値
廃材微粉末	P	比重2.25,粗粒率0.095
高炉スラグ微粉末	B	比重2.95,ブレン値4000
石膏廃材	Gp	2水石膏,比重2.52,粗粒率2.05
細骨材(破砕物)	Sc	比重2.32,吸水率9.01%,粗粒率3.54
フライアッシュ	F	オーストラリア産,比重2.17,ブレン値2990
シリカヒューム	FS	比重2.20,ブレン値232600
高性能減水剤	K	ポリカルボン酸系,比重1.1

図-1は、結合材に石膏ボード破砕物を添加しない場合の水結合材比65%と70%のモルタルフロー値の時間依存曲線を示している。図中の記号（例えば65-0.1-0.018）は水結合材比、フライアッシュ混合率、高性能減水剤添加率を示している。練混ぜ直後の高いフロー値が時間経過と共に急激に低下し、5分間も流動性が維持できないことが判る。これは、廃材破砕物の加熱すりもみ処理過程でセメント水和物やセメント中の石膏の一部が加熱分解を起こし、水和しやすい物質に変化したためではないかと考えられる。これに比べて図-2に示すように、結合材の一部として石膏ボード破砕物を2～5%混合した水結合材比65%のモルタルでは、練り混ぜ後30分まではほぼ変わらず、60分経過後に添加率による差が生じるものの、石膏添加率2%でもフロー値170mm程度を保持していることが判る。これは廃材微粉末中に存在する水硬性成分の急激な水和反応を石膏が一時的に抑制するためと考えられる。

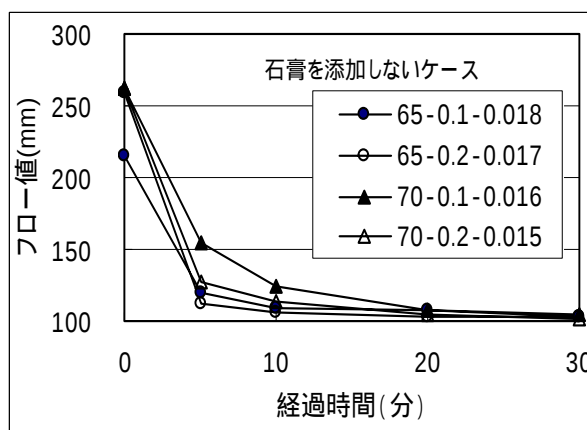


図-1 石膏を添加しない場合のフロー値の経時変化

図-2は、結合材の一部として石膏ボード破砕物を2～5%混合した水結合材比65%のモルタルでは、練り混ぜ後30分まではほぼ変わらず、60分経過後に添加率による差が生じるものの、石膏添加率2%でもフロー値170mm程度を保持していることが判る。これは廃材微粉末中に存在する水硬性成分の急激な水和反応を石膏が一時的に抑制するためと考えられる。

上記の結果を基に、水結合材比 65～75%、高炉スラグ微粉末添加率 10%、石膏添加率 5%、砂結合材比 2.5 のモルタルを練り、強度試験を行ったところ、圧縮強度が大きくなり道路用埋め戻し材としての目標強度 2N/mm^2 に比べてかなり高い値となった。既往の研究（破碎処理過程で生じる微粉末を使用）のケースでは、水結合材比 65～70%程度でほぼ目標強度に近い強度が得られたが、今回このように強度が高くなったのは、使用した廃材微粉末が加熱すりもみ処理過程で生じるものであり、単なる破碎処理過程で生じる微粉末に比べて強度増進に寄与する成分が多く含まれているためではないかと考えられる。

そこで、水結合材比をより大きくしたケースについて検討した。その際、砂結合材比 2.5 のままでは材料分離が起こるため、水結合材比の 5% 増加に合わせて砂結合材比を 0.5 ずつ増加させると共に、高炉スラグ微粉末添加率を 0、5、10% と変化させて強度試験を行った。その結果、水結合材比を大きくしてもモルタル強度があまり低下せず、高炉スラグ微粉末添加量 0% で水結合材比 100% のケースでも 6N/mm^2 程度となり、強度的にかなりの余裕を残す結果となった。これは、水結合材比の増加に伴って砂結合比を大きくしたため、細骨材中のフライアッシュ量が多くなり、実質的な水結合材比の増加が抑制されたためと考えられる。そこで、フライアッシュを結合材の一部とし、水粉体比を 40～65% まで変化させ、高炉スラグ微粉末添加率 0% と 5% のケースで調査した。その結果、図 - 3 に示すように、高炉スラグ添加率 0% で圧縮強度は約 3N/mm^2 まで低下し、目標強度にかなり近い値が得られた。

一方、図 - 4 は廃材微粉末に高炉スラグ微粉末 20%、シリカヒューム 10%、フライアッシュ 20%、石膏粉末 5% 混入した結合材を用いて水結合材比 45～60% の範囲で強度試験結果を行った結果を示している。これより、セメントを使用せずとも水結合材比 45% で約 25N/mm^2 程度の強度が得られることが判る。なお、この種のモルタルでは、高炉スラグ微粉末混入量を増すことにより、より一層の高強度が期待できるものと考えられ、強度的にはインターロッキング材や道路用縁石等の小型ブロックの製造に適用可能と考えられる。

4. 結論

- 1) 加熱すりもみ処理過程で生じる廃材微粉末と通常の破碎処理過程で生じる廃材微粉末とは、凝結・硬化性状等が異なる。
- 2) 結合材の一部として石膏ボート廃材破碎物を若干使用すれば、施工に適する凝結遅延性に効果が得られる。
- 3) 廃材微粉末を主な結合材とする高流動モルタルは、配合の工夫により道路用埋戻し材や小型ブロック製品の製造に適用可能と考えられる。

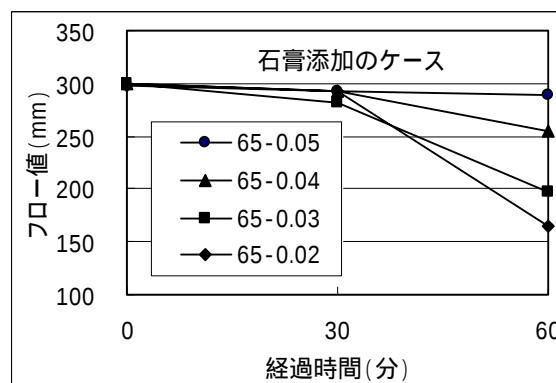


図 - 2 石膏を添加した場合フロー値の経時変化

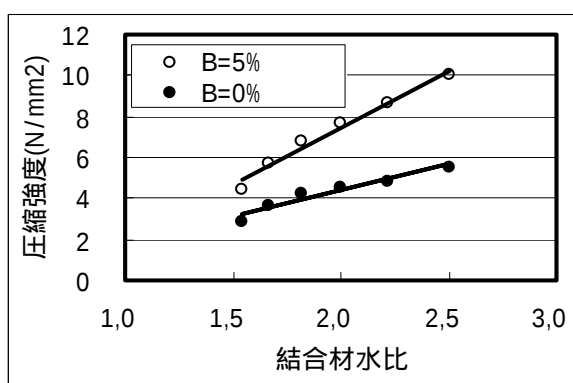


図 - 3 フライアッシュを結合材の一部とした場合の結合材水比と圧縮強度との関係

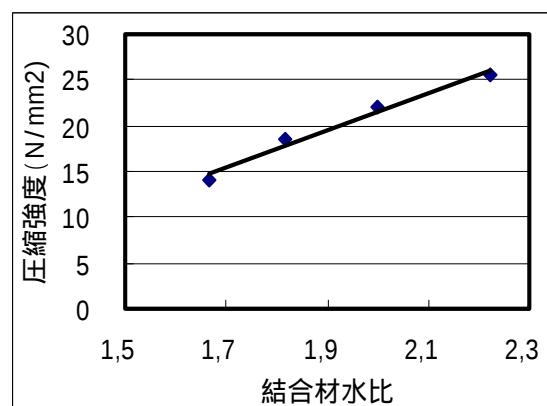


図 - 4 シリカヒュームを使用したモルタルの結合材水比と圧縮強度との関係