

中庸熱セメントと高炉スラグ微粉末を使用したモルタルの基本物性に関する検討

日本原燃(株) 正会員 ○青木慶彦 工藤淳
清水建設(株) 正会員 矢ノ倉ひろみ 杉橋直行 依田侑也 高橋圭一

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設に用いるセメント系充てん材（以下、「充てんモルタル」と表記）には、埋設設備内に定置された廃棄体間の間隙を充てん可能にするとともに、次工程の作業を考慮したセルフレベリング性を確保するため、長時間流動性を維持する（5時間後のスランブフローが65cm以上）ことが要求される。また、充てん後の次工程に速やかに着手可能とするよう、凝結の終結は48時間以内とし、打ち込みは低温期（12月中旬～翌年3月中旬）には行わないとしている。さらに、内部温度を上昇させる断熱温度上昇特性にも配慮する必要がある。このようなことから、充てんモルタルは、中庸熱ポルトランドセメント（以降、Mと表記）を高炉スラグ微粉末（以降、Sと表記）で多量に置換した結合材を用いた表-1の①配合を20年程前に選定している。しかし、近年の気象条件の変化により4月でも外気温度は5℃程度となることもあり、また、長い年月を経て材料品質が変化するなど、安定した充てんモルタルの品質を確保することが困難となっている。

このため筆者らは、外気温や材料品質の変動を受けにくい配合を選定することを目的に、既報^[1]の水和発熱速度や水和生成物の結果に着目し、出来る限り断熱温度上昇が大きくならないように留意し、混和剤の種類やSの置換率を変更した表-1の②、③配合を選定した。本研究は、これらの配合のスランブフロー経時変化、凝結時間、圧縮強度について検討した結果を報告するものである。

2. 試験方法

練混ぜ直後のスランブフローが75±5cmとなるように、混和剤添加量と細骨材比率を調整した。練混ぜは55ℓ練りパン型ミキサを使用し、1バッチ35ℓとして練混ぜた。練混ぜ方法は次の通りとした。細骨材1/2、結合材、細骨材1/2の順に投入して120秒空練り⇒水+混和剤の水溶液1/2を投入して60秒練混ぜ⇒残りの水+混和剤の水溶液1/2を投入して120秒練混ぜ⇒ミキサ内部の掻き落としをして30秒練混ぜ⇒排出。排出から5分静置した後にフレッシュ性状試験を行った。スランブフロー試験はJIS A1150に準じて、スランブコーンを引き上げてから3分後（流動先端が停止した状態になる）にスランブフローを測定し、以後、1時間おきに5時間まで測定した。凝結試験はJIS A1147、圧縮強度試験はJIS A1108に準じて行った。試験は20±3℃の室内で実施し、凝結試験は配合No.①、②は10±3℃、配合No.③は5±1℃においても実施した。

3. 試験結果

3.1 フレッシュ性状

20℃におけるスランブフロー試験結果を図-1に示す。何れもスランブフローは規定値を満足している。

表-1 モルタルの配合

配合 No.	M : S	W/B (%)	単位量(kg/m ³)							
			水 (W)	結合材(B)		細骨材		混和剤		
				中庸熱セメント(M)	高炉スラグ微粉末(S)	砕砂	陸砂			
①	1 : 9	67.1	283	42	380	440	1026	水中不分離性混和剤 (水溶性セルロースエーテル) 1.5	AE減水剤 (リグニンスルホン酸化合物と ポリオール複合体) 1.055 (B×0.25%)	高性能減水剤 (メタンスルホン酸系化合物) 6.33 (B×1.5%)
②	1 : 9			42	380	576	865		超遅延性減水剤 (変性リグニンスルホン酸化合物と メチルカルボン酸化合物複合体) 1.055 (B×0.25%)	高性能AE減水剤 (ポリカルボン酸エーテル系化合物) 5.28 (B×1.25%)
③	3 : 7			127	295	873	582			

キーワード 高炉スラグ微粉末, 中庸熱ポルトランドセメント, スランブフロー, 凝結, 圧縮強度

連絡先 〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駁字野附 504-22 日本原燃株式会社 TEL0175-72-3323

フレッシュ性状においては、練混ぜ直後のスランプフローと5時間後のスランプフローを確保するために添加される混和剤の作用に支配され、M:S比率の差はほとんど影響を受けない結果となった。

20℃での凝結試験結果を図-2に示す。混和剤の種類を変更した配合No.②は、配合No.①より始発が10時間程度、終結が21時間程度早くなった。さらに、Sの置換率を小さくした配合No.③は、配合No.②と始発は同程度であったが、終結が4時間程度早くなった。

低温下での凝結試験結果を図-3に示す。配合No.②は、混和剤種類を変更しただけで始発が20時間、終結が33時間程度早くなった。Sの置換率を変えた配合No.③では、さらに始発が3時間、終結が25時間程度早くなった。配合No.③が始発、終結ともに早くなったのは、既報^[1]にある通り、温度依存性の大きいスラグ由来の水和物に依存した凝結性状ではなく、材料設計の変更により、一般的なコンクリートの水和生成物であるC-S-HやCa(OH)₂の生成による凝結性状を示しているものと考えている。

3.2 硬化物性

一軸圧縮強度試験結果を図-4に示す。何れの配合も強度増進は同様な傾向を示すが、Sの置換率の違いにより材齢7日では2倍以上の強度差となった。また、材齢91日においてもNo.③の強度が大きい結果となった。これは、M比率を高めたことでSの潜在水硬性として寄与するセメント量が増加し、初期から安定した水和反応が得られたことによるものと思われる。

4. まとめ

今回検討した範囲ではあるが、フレッシュ性状のうち、スランプフローは混和剤の添加量を適切に管理することで5時間保持することが可能である。しかし、凝結始発は混和剤種類により一定程度の改善は見込めるものの、長時間の流動性確保のため添加する混和剤量の影響を受け、限定的な範囲に留まる結果となった。充てんモルタルの品質安定化を図るには、特に低温環境下において凝結始発後の水和反応を安定して発揮できるよう、一般的なコンクリートと同様な水和反応支配の配合系にシフトすることが望ましいと考える。

参考文献

[1] 矢ノ倉ひろみほか: 中庸熟セメントと高炉スラグ微粉末の混合比を変えたペーストの水和反応に関する研究, 土木学会第70回年次学術講演会, V-483, pp.965-966, 2015.9

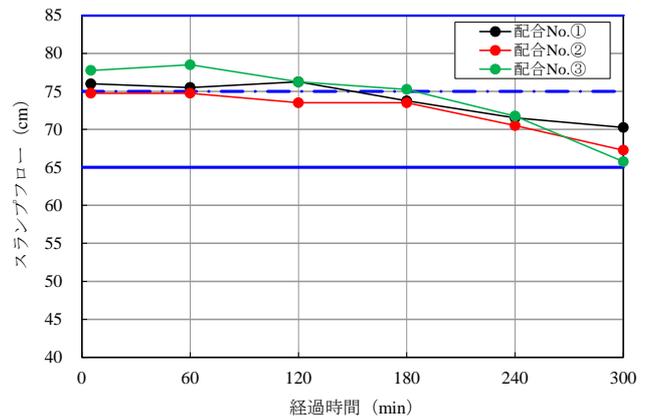


図-1 スランプフロー (20℃)

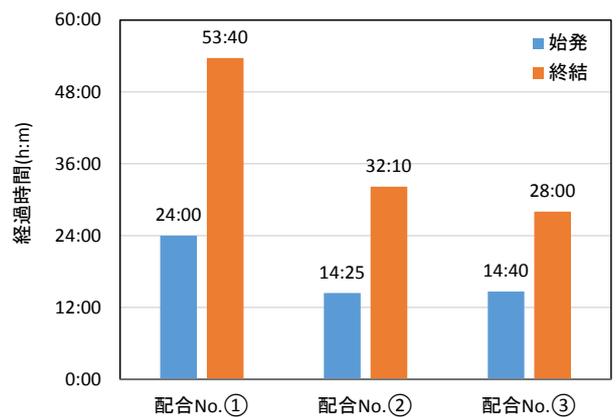


図-2 凝結 (20℃)

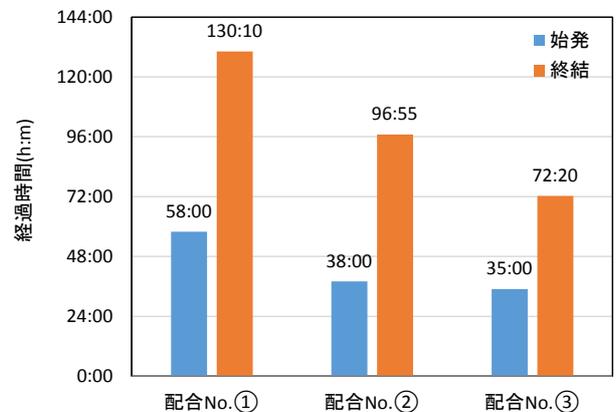


図-3 凝結 (10℃、但し配合No.③は5℃)

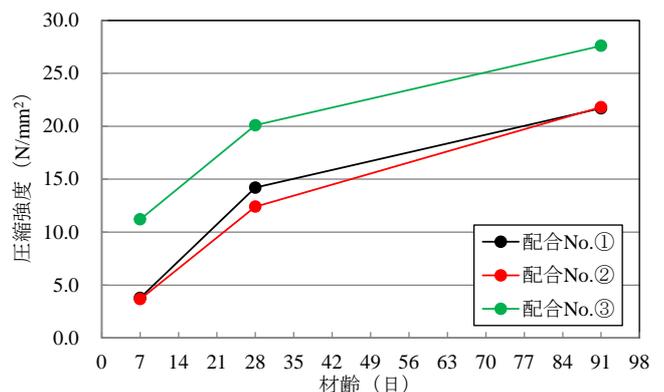


図-4 圧縮強度 (20℃)