

エアミルク・エアモルタルの試験法を用いた 放射線遮蔽性能を有する超重泥水の流動性評価

泥水 放射線遮蔽材 コンシステンシー

早稲田大学 学生会員 ○宮路将人, 学生会員 吉川絵麻,
学生会員 瀬川一義, 国際会員 小峯秀雄,
国際会員 後藤茂,
NB 研究所 正会員 氏家伸介, 正会員 成島誠一

1. はじめに

福島第一原子力発電所の廃止措置におけるデブリ取出しの補助を目的として、充填型土質系材料「超重泥水」が考案されている¹⁾。超重泥水は、高比重、高含水、低透水、高粘性といった特長を持つ泥水材料であり、廃止措置の現場において、放射線の遮蔽による被爆回避、汚染水の漏洩抑止、デブリ取出しにおける粉塵の飛散防止といった用途での利用が期待されている。超重泥水の充填施工を想定した場合、超重泥水は、ポンプによる輸送や圧力注入が可能で、充填箇所まで十分に広がる流動性を有する必要がある。一方、超重泥水は高比重かつ高粘性の性質を持ち、また、その流動性は静置と共に変化する²⁾。そのため、一般の泥水と同様の方法では流動性を定量的に把握することが難しい。実施行における流動性の確認手段としては充填箇所を模擬した流動試験や管内流動試験が考えられるが、施工の現場では簡便にこれらの結果を予測できる評価手法が必要となる。そこで、本研究ではこの手段の確立を目的とし、エアミルク・エアモルタルの試験方法を援用したフロー試験を実施した。

2. 超重泥水の概要および実施したフロー試験の方法

図1は超重泥水の外観を示したものである。超重泥水は、ベントナイト泥水に加重材として硫酸バリウム (BaSO₄) を主成分とするバライト粉末を加えた材料である。組成配合を変化させることで要求性能に応じた比重を実現でき、体積割合に応じて流動の様子は、塑性体状から液体状まで異なったものとなる。超重泥水の作製にはベントナイトに Na 型ベントナイトのスーパークレイ (株式会社ホーゲン製) を、バライトにテルパー (株式会社テルナイト製) を使用する。また、分散剤にはピロリン酸ナトリウムを使用する。

本研究では、エアミルク・エアモルタルの試験方法を援用したフロー試験を実施した。実験は、NEXCO 試験法 313-1999「エアミルク・エアモルタルの試験方法 コンシステンシー試験方法 シリンダー法」³⁾に従い、以下の手順で行った。

- 1) シリンダーは内径 80mm、高さ 80mm の硬化プラスチックとする。試験は 400mm × 400mm の硬化プラスチック製の板の上で行う。
- 2) 超重泥水をシリンダーの上端まで静かに入れる。表面が水平かつ上端に一致するようへらで余分な量をすり切る。
- 3) シリンダーを静かに鉛直方向上方に引き上げ、超重泥水が広がって 1 分後に最大と認められる方向の径と、これに直行する方向の径を測定する。
- 4) 測定した 2 方向の径の平均を超重泥水のシリンダーフロー値とする。以下、これを「フロー値」と呼ぶ。

フロー試験による流動性評価は、組成配合が異なる場合と、作製してから試験を行うまでの時間が異なる場合の 2 種類を実施した。前者では、表 1 に示す配合の超重泥水を作製し、作製直後のフロー値を測定した。後者では、シリンダーを 4 つ用意し、一度に作製した超重泥水を全てに充填して、時間差を設けたフロー試験を実施した。このときフロー値の測定は、それぞれ作製直後、1 日後、3 日後、5 日後に行った。後者に使用した超重泥水は、表 1 の中から、ベントナイトの体積割合が同じ 3 種類の試料である。表 1 中の該当する組成配合に色を付けて示す。なお、どちらのフロー試験の場合でも、フロー値の測定に加えて広がった超重泥水の形状を観察した。



図1 超重泥水の外観

表1 フロー試験を行った超重泥水の組成配合

比 重	W [g]	B [g]	Ba [g]	D [g]	比 重	W [g]	B [g]	Ba [g]	D [g]
2.5	100	7	400	0.2	1.8	100	10	140	0.2
2.4	100	7	330	0.2	1.7	100	10	120	0.2
2.3	100	7	290	0.2	1.6	100	10	100	0.2
2.4	100	10	330	0.2	2.2	100	12	250	0.2
2.3	100	10	290	0.2	2.0	100	12	190	0.2
2.2	100	10	250	0.2	1.8	100	12	140	0.2
2.1	100	10	220	0.2	1.6	100	12	100	0.2
2.0	100	10	190	0.2	1.4	100	12	60	0.2
1.9	100	10	165	0.2	1.1	100	12	10	0.2

(W : 水, B : ベントナイト, Ba : バライト, D : 分散剤)

Evaluation for consistency and workability of Heavy Bentonite-Based slurry for the decommissioning of Fukushima Daiichi nuclear power plant using mortar flow test method

MIYAJI, Masato YOSHIKAWA, Ema SEGAWA, Kazuyoshi KOMINE, Hideo GOTO, Shigeru Waseda University UJIIE, Shinsuke NARUSHIMA, Seiichi NB Institute

3. 超重泥水のフロー試験による流動性評価の結果

図 2 は、組成配合を変化させたフロー試験における、超重泥水に占めるバライトの体積割合とフロー値の関係を示したものである。また図 3 は、配合の異なる超重泥水の広がりの様子を現したものである。フロー試験の結果、超重泥水に占めるバライトの体積割合が同じ場合において、ベントナイトの体積割合の増加に伴うフロー値の減少が認められた。一方、ベントナイトの体積割合が同じ場合においては、バライトの体積割合の増加に伴うフロー値の減少が認められた。このとき、ベントナイトの体積割合が小さい場合ほど、バライト増加に伴うフロー値の減少量は増加した。

次に図 4 は、時間差を設けたフロー試験における、静置した超重泥水のフロー値の時間変化を示したものである。また、図 5 は、配合の異なる超重泥水の作製直後と 5 日間静置後のフローの形状を示したものである。フロー試験の結果、時間経過に伴う超重泥水のフロー値には、継続的な減少が認められた。また、フロー値の変化量には、時間の経過と共に減少量が小さくなる傾向が認められた。また、配合ごとにフロー値の減少量を比較した場合、時間の経過に伴う超重泥水のフロー値は、バライトの体積割合の増加に伴って大きくなった。さらに、5 日後のフローの形状は、バライトの体積割合の増加に伴ってある程度の自立性を示した。

4. おわりに

本研究では、超重泥水の充填施工時の流動特性を把握するための試験として、エアミルク・エアモルタルの試験方法を援用したフロー試験を検討し、材料の組成配合の違いおよび静置時間の変化に伴うフロー試験の結果について考察した。フロー試験の結果、ベントナイト、バライトの配合割合が異なる場合には、それぞれ添加量の関係に従ってフロー値の変化が認められた。また、静置時間に伴ってフロー値には減少が認められた。また、バライトが多い配合では、フローの形状にある程度の自立性が見られた。今後は、管内流動試験および模擬的な充填試験を行うことで、フロー試験などの簡易試験との関係を考察し、施工時の流動挙動についての検討を引き続き行う予定である。

謝辞：本研究の一部は、文部科学省「英知を結集した原子力科学技術・人材育成水深事業 廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」の採択課題「福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃炉までを想定した地盤工学的の新技術開発と人材育成プログラム」の支援により実施したものです。関係各位に感謝申し上げます。

【参考文献】 1) 氏家伸介, 長江泰史, 成島誠一, 新井靖典, 稲元裕二, 水野正之, 佐古田又規, 齋藤祐磨, 小峯秀雄: 変形追従型放射線遮蔽材の開発, 第 11 回環境地盤工学シンポジウム, pp.471-479, 20152) 氏家伸介, 長江泰史, 成島誠一, 小峯秀雄, 吉川絵麻: 福島第一原子力発電所廃炉への適用に向けた放射線遮蔽材のレオロジー特性評価, 第 51 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.581-582, 20163) 東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社, 西日本高速道路株式会社: NEXCO 試験方法. 第 2 版. 高速道路総合技術研究所, 2010

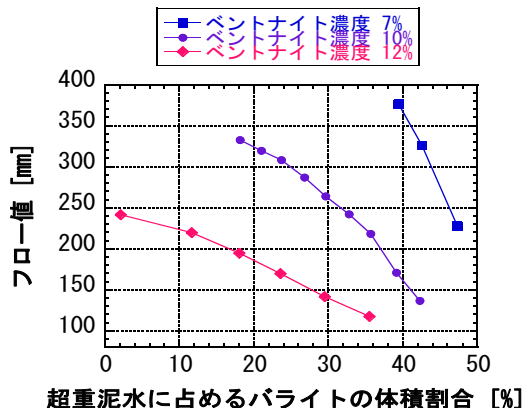


図 2 異なる配合の超重泥水のフロー値

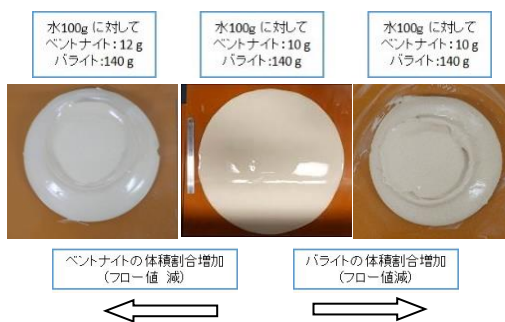


図 3 体積割合の異なるフロー形状の変化

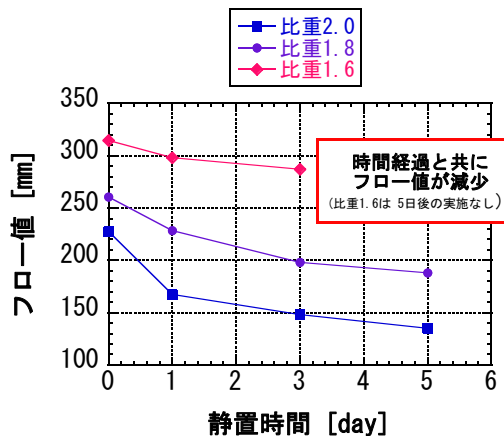


図 4 静置時の超重泥水のフロー値の変化



図 5 静置後のバライトの体積割合が異なる超重泥水のフロー形状 (水 100g に対し左 140g, 右 190g)