

放射線遮蔽性能を有する超重泥水を用いた固化処理土の フロー値と一軸圧縮強さ

早稲田大学 学生会員 ○今井 健人 学生会員 吉川 絵麻 学生会員 瀬川 一義
早稲田大学 正会員 小峯 秀雄 フェロー会員 後藤 茂
NB 研究所 正会員 氏家 伸介

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉事業において、核燃料などが融解して固まった燃料デブリの取り出しを安全に遂行することは重要な課題である。燃料デブリ取り出しでは、高い線量の放射線を遮蔽し、作業環境の安全を確保することが求められる。また、原子炉格納容器内での解体作業において、解体用機械を設置し、作業スペースを確保できる基礎材料は有効であると考えられる。既往の研究から高比重、高含水により、ガンマ線および中性子線の高い遮蔽性能を有する充填型放射線遮蔽材料である超重泥水の利用が検討されている¹⁾。本研究では、基礎材料としての利用を想定して超重泥水を用いたセメント固化処理土(固化重泥水)を作製した。図1は固化重泥水の利用イメージである。今回の研究では、固化重泥水の基礎データの収集を目的としてシリンダーフロー試験、一軸圧縮試験を実施した。

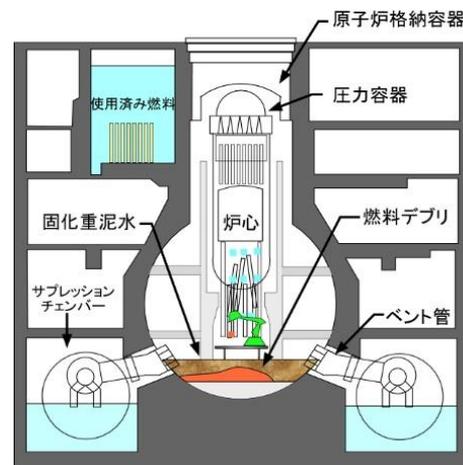


図1 固化重泥水の燃料デブリ取り出しにおける解体用機械の基礎材料としての利用イメージ

2. 実験概要

本研究では、作製した直後の固化重泥水の流動特性を評価することを目的として「エアモルタル及びエアミルクの試験方法 コンシステンシー試験方法 シリンダー法(JHS-313)」²⁾に準拠したシリンダーフロー試験を行った。本試験ではプラスチック製の板の上に直径8cm、高さ8cmの円筒形シリンダーを乗せ、試料をその中に詰めたのちに静かに垂直に引き上げた。引き上げて1分後に板の上で広がった試料の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し、その平均値をとりフロー値とした。

固化強度を評価するために土の一軸圧縮試験(JIS A 1216)³⁾を行った。供試体の寸法は直径50mm、高さ100mmとし、養生期間は7日と28日とした。また、同一条件の三本の供試体に対して一軸圧縮試験を実施した。

3. 固化重泥水の配合組成

固化重泥水は水に粒子の沈降を防ぐためのNa型ベントナイト、比重を増加させるためのバライト粉末(主成分: BaSO₄)、粒子を分散させ安定を保つために分散剤としてピロリン酸ナトリウム、固化材として普通ポルトランドセメントを配合することにより構成され、これらの質量割合は表1に示すとおりである。固化材はあらかじめ同じ質量の水と攪拌してスラリー状にして添加した。

表1 使用した試料の配合組成

水 (g)	ピロリン酸 Na(g)	Na型ベントナイト (g)	バライト (g)	セメントスラリー	
				セメント (g)	水 (g)
100	0.2	3.5	400	30	30
		4.0			
		4.5			

4. 水ベントナイト比とフロー値の関係

ベントナイトの添加量の変化によるフロー値の評価をするため、水ベントナイト比を求めた。水ベントナイト比 W/Bt は以下の式で求めた。

キーワード 放射線遮蔽材, セメント安定処理, シリンダーフロー試験, 一軸圧縮試験

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58号館 203号室 TEL:03-5286-2940 (内線 73-3526)

$$W/Bt (\%) = \frac{m_W}{m_{Bt}} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

ここで、 W/Bt : 水ベントナイト比 (%), m_W : 水の質量の総和 (セメントスラリー中に含まれる水を含む) (g), m_{Bt} : ベントナイトの質量 (g)である。

図 2 は水ベントナイト比とフロー値の関係である。超重泥水では、ベントナイトの添加量の増加にともなって粘性が増大するため、水ベントナイト比の増加に伴ってフロー値は減少する。超重泥水にセメントを添加した場合には、ベントナイトはセメントと反応して凝集する。図 2 では超重泥水と同様に水ベントナイト比の増加に伴ってフロー値が低下する様子が観察された。施工において、ベントナイトの添加量を調整することは流動性を調整する手段として有効であると考えられる。

5. ベントナイトの添加量と一軸圧縮強さの関係

図 3 はベントナイト添加量と一軸圧縮強さの関係である。図 3 の結果から、ベントナイト添加量 3.5 g から 4.5 g の範囲では、一軸圧縮強さはベントナイトの添加量の増減に依存しなかった。一般に、高含水の土をセメントで固化させると、細粒分含有率が高いほど固化強度が低下するが、本研究で検討したベントナイトの添加量の範囲は小さく、ベントナイトの影響が現れなかったと考えられる。また、養生日数 28 日の場合は養生日数 7 日の場合の 2 倍程度の一軸圧縮強さとなった。廃炉事業は長期にわたることが想定されるため、さらに長期的な強度発現を検討する必要がある。

6. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) シリンダーフロー試験を利用して固化重泥水のフロー値を測定すると、フロー値はベントナイトの添加量に大きく依存した。ベントナイトの添加量の増加に伴ってフロー値が減少した。
- (2) 流動特性の調整のためにベントナイトの添加量を変化させることが有効な手段の一つである。
- (3) ベントナイト添加量が 3.5 g から 4.5 g の範囲では、固化重泥水の一軸圧縮強さは添加量に依存しない。

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・人材育成推進事業 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 (地盤工学会)」の支援により得られたものである。ここに感謝いたします。

参考文献: (1) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 吉村貢, 鈴木聡彦, 成島誠一, 新井靖典, 氏家伸介, 佐古田又規, 長江泰史: 土質系材料の放射線遮蔽性能の定量評価, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.73, No.4, pp.342-354, 2017 (2) Nexco 東日本: 平成 22 年 7 月版 Nexco 試験方法 第 3 編 コンクリート関係試験方法, pp.8-12, 2016 (3) 地盤工学会, 地盤材料試験の方法と解説—二冊分の 2—, pp.541-551, 2009

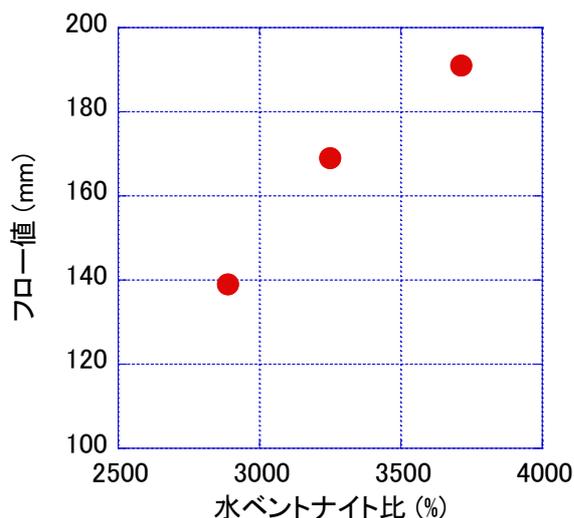


図 2 水ベントナイト比とフロー値の関係

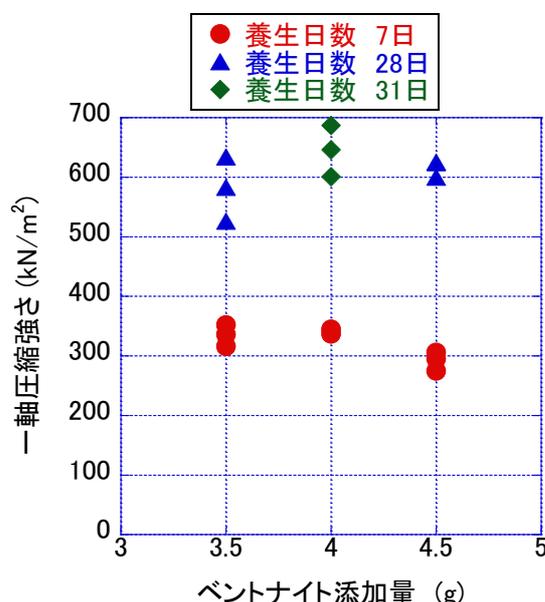


図 3 養生日数と一軸圧縮強さの関係