

銅スラグ細骨材を用いた重量コンクリート遮へい容器の開発

技術本部 技術部 加藤卓也
 技術本部 技術研究所 中瀬博一

1. はじめに

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震は、東日本一帯に甚大な被害をもたらした。そして福島第一原子力発電所を襲った津波により発生した事故では、放射性物質の意図的な放出(ベント)と、水素爆発や破損による意図しない放出があり、原子力事故としては史上最悪なものとなった。放出された放射性物質により、高濃度に汚染された避難区域などでは除染作業が行われている。一方、遠隔地でも、下水処理場やごみ焼却施設等において放射性物質が濃縮された焼却灰の処理が問題となっている。このように東北、関東の広範囲が汚染されたことにより、汚染物質を迅速かつ安全に保管していくことが、我が国の緊急の課題となった。そこで、今後大量に発生する放射性廃棄物を保管するため、産業副産物である銅スラグ細骨材を用いた重量コンクリートを用いた遮へい性能に優れた容器を開発することとした。

2. 汚染焼却灰等に対する 国・行政 の施策

平成23年6月27日に、東京都のごみ焼却施設の飛灰から、8,000Bq/kgを超える放射性セシウムが検出されたことなどを受け、環境省からいくつかの通達文が発信された。これにより放射性セシウム濃度が8,000Bq/kgを超える焼却灰については、処分方法の検討結果がまとまるまでの間、一時保管することとされ、東日本の15都県にごみ焼却施設から発生する焼却灰(主灰・飛灰)の放射線濃度測定が要請された。その後、放射性セシウム濃度が8,000Bq/kgを超えた焼却灰の埋め立て処分の方針が発表されたが、現在も多くの場所で、最終処分がされていない状況である。

一時保管には、壁厚15cm程度の鉄筋コンクリート造などの建物内で保管する方法や、ドラム缶やフレコンパックなどを用いた、保管の過程で飛散や流出がないような管理方法などがある。しかし、多くの処理場では敷地内への一時保管庫の設置に対する周辺住民の一部からの反対の声などもあり、作業が思うように進まないという問題を抱えている。また近々、環境省から「特定廃棄物関係ガイドライン」が策定、公表される予定であり、対応が迫られることとなる。

3. 銅スラグを使用する意義

本開発で用いる銅スラグは、三菱マテリアル(株)系列の小名浜製錬(株)で排出される産業副産物である。被災地の産業副産物を新しい用途でリサイクル資源として活用し、社会的意義のある新たな価値の創造を目指して、コンクリート製の遮へい容器の開発を行うこととした。

銅スラグ骨材の規格は、コンクリート用スラグ骨材(JIS A 5011-3)に示されている。銅スラグ骨材は、実構造物への適用実績が少ないものの、密度が大きく、細骨材として用いることで、コンクリートの単位容積質量を大きくできるため、遮へい構造物への利用に適していると考えられる。また、被災地の天然資材の安定供給が厳しい状況の中、銅スラグ細骨材の積極的な利用は、輸送における環境負荷の低減に貢献でき、東北地区の地元活用といった復興施策にも合致している。

4. 遮へい性能

放射線に対する遮へい性能は、およそ密度と厚さの積に比例する。図-1は、水、コンクリート、鉄、鉛の厚さと、多くの地域で汚染の主因となっている半減期30年の¹³⁷Cs(セシウム137)のγ線実効線量透過率を示したグラフである。図-1から、遮へい物の密度が大きいほどγ線の透過率が小さくなり、遮へい性能に優れた構造物を実現できると考えられる。

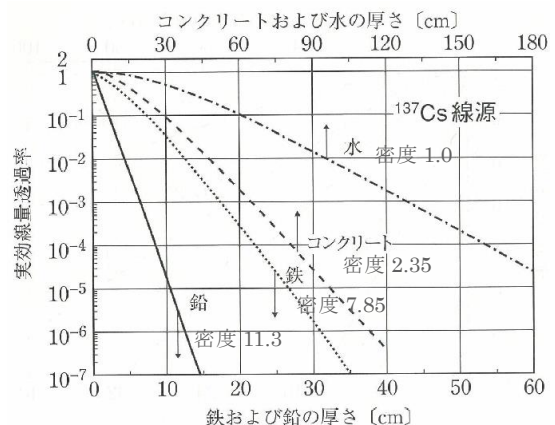


図-1 γ線の実効線量(AP)透過率(アイトーブ手帳より)

5. 銅スラグ細骨材を使用したコンクリート

5.1 配合設計条件

銅スラグを使用したコンクリート(以降 銅スラグコンクリート)の配合は、表-1に示す目標値を満足するように決定した。

表-1 コンクリートの目標値

設計基準強度	30 N/mm ² (保証材齢 14 日, 製品同一養生)
脱枠時強度	24 N/mm ² (材齢 14h, 製品同一養生)
単位容積質量	2700 kg/m ³ 以上
スランプ	18.0±2.5cm
空気量	4.5±1.5%
ブリーディング量	0.3 cm ³ /cm ² 以下 (日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説」上限値)
乾燥収縮ひずみ	800×10 ⁻⁶ 以下 (標準養生 7 日後を基長, 乾燥材齢 13 週での値)
凍結融解抵抗性	80%以上 (JIS A1148 (A 法)による試験で 300 サイクル終了時の相対動弾性係数)

5.2 配合設計

コンクリート用銅スラグ細骨材の仕様を表-2に、銅スラグ細骨材サンプルを写真-1に示す。銅スラグ細骨材は一般のコンクリート用細骨材に比べ微粒分が少ない。このため銅スラグコンクリートは粘性が小さく、ブリーディングが多くなる傾向がある。そこで本実験では、単位水量、水セメント比、微粒分量の調整および混和剤の選定などの検討を行った。この結果、各種フレッシュ性状(写真-2参照)、圧縮強度、乾燥収縮ひずみ(415×10⁻⁶)および凍結融解試験の300サイクル終了時の相対動弾性係数が80%以上となり、コンクリートの目標値(表-2参照)を全て満足し、高い耐久性を有する銅スラグ細骨材を用いた重量コンクリートを開発することができた。

5.3 実大模擬部材製作実験

室内実験に続き、岩手県内に立地する当社グループのプレキャスト製品工場の実機ミキサを用いて、銅スラグコンクリートの製造および実大模擬部材の製作実験を行った。実大模擬部材は、立て打ち用1体と平打ち用1体の計2体製作した。立て打ち用部材は高さ3.0mの壁体形状であり、脱枠後に上中下3カ所からコアを採取し、圧縮強度の確認に加え各々の密度計測および目視観察により材料分離抵抗性の確認を行った。平打ち部材は1.0m×1.0mの平面形状であり、コテ仕上げ性状の確認および2カ所から採取したコアにより圧縮強度の確認を行った。実大模擬部材の製作実験の結果をまとめると以下ようになる。

- ①平打ち部材の表面仕上げは、仕上げ剤を用いず金ゴテのみで行った場合でも仕上げ面として十分な平滑さを有していた。
- ②材齢13日に部材から抜き取ったコア供試体強度は、立て打ち部材の場合は上～下層の平均で61.5N/mm²、平打ち部材の場合は平均61.3N/mm²であり、打込み方法によらず所要強度である30N/mm²を十分に満足した。
- ③立て打ち部材の打設は、棒型振動機と型枠振動機を併用し、各層の高さを600mmとして5層に分けて行った(写真-3参照)。部材全体として充填不良等がなく、打上り性状は概ね良好であった(写真-4参照)。また、コア供試体(写真-5参照)による目視観察、圧縮強度および単位容積質量の測定結果より、材料分離等はなく、良好な強度発現性を有する均質なプレキャストコンクリート部材が製造可能であることが確認された。

6. 遮蔽容器への適用

銅スラグコンクリートの遮蔽容器への適用例を図-2に示す。現地の事情にあわせ様々な形状や規模に対応できるが、当社の先導技術であるプレストレストコンクリート技術と組み合わせることで、高性能な遮蔽容器の製造が可能であると考えられる。

7. まとめ

使用材料のすべてが岩手、宮城、福島の東北三県のから調達される銅スラグコンクリートは、大きな密度に加え、良好

表-2 銅スラグ細骨材の仕様

	塩化物量 (%) (NaClとして)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/L)	粗粒率
試験値	0.004	3.51	0.42	1.98	3.16
規定値	0.03以下	3.2以上	2.0以下	1.8以上	—



写真-1 銅スラグ細骨材



写真-2 フレッシュ性状



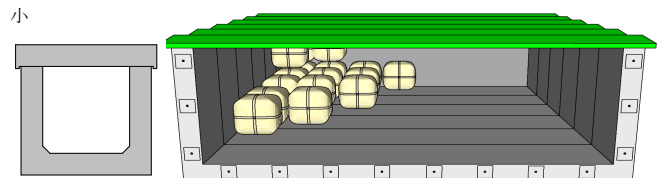
写真-4 打上り状況



写真-3 打設状況



写真-5 コア供試体



型遮蔽容器 大型遮蔽容器 (PCaセグメントをプレストレスで一体化)

図-2 銅スラグコンクリート遮へい容器の例

な施工性および高い耐久性を有していた。これにより、被災地の産業副産物を活用し、重量コンクリートを用いた高品質な遮へい容器の提供が可能であることが確認された。今回開発した遮蔽容器を活用することで、放射性廃棄物の処理が加速され、被災地の復興の一助となれば幸いである。

Key Words: 銅スラグ, 重量コンクリート, 汚染焼却灰, 遮へい容器, 放射性物質



加藤卓也



中瀬博一