

(VII-17) 廃棄物の建設資材へのリサイクル技術 —外装壁タイルの開発—

鹿島建設 (株) 芋生 誠
 鹿島建設 (株) 菊地健雄
 月島機械 (株) 永吉義一
 鹿島建設 (株) 正会員 乾 徹

1. はじめに

近年、廃棄物や焼却灰を熔融スラグとし、コンクリート骨材等の建設資材として再利用する試みが各地で行われているが、熔融スラグはガラス質であり強度的に脆いこと、含有する重金属の溶出が懸念されること等からリサイクル材としての展開が不十分であるのが現状である。これを受け、筆者らは熔融スラグの建設資材としての利用を促進するため、熔融スラグを結晶化させ天然石材と同等の品質・安全性を持つ石材に加工する技術を用いて、この結晶石材をリサイクルした外装壁タイルを開発し、トンネル内壁材、建築物外装材等への適用を図っている。本報では、下水汚泥、都市ごみ等の焼却灰を原料とする結晶石材製造したタイルの性能評価結果等について紹介する。

2. 外装壁タイルの製造

都市ごみ焼却灰を原料とした熔融スラグから製造した結晶石材（以下、本石材とする）の化学組成を表-1、外観を写真-1に示す。本石材は天然石と同等の物理化学的に安定した物性、環境庁告示第46号環境基準を満たす安全性（後掲表-4参照）を有した材料である。外装壁タイルの試作材料としては、本石材を篩により2.5～5.0mmの粒度に分級したものを使用した。タイル試作時の製造方法を以下に示す。

表-1 結晶石材の化学組成

SiO ₂	25.7
CaO	36.2
MgO	4.3
Al ₂ O ₃	17.8
Fe ₂ O ₃	8.9
Na ₂ O	2.5
K ₂ O	0.4
P ₂ O ₅	2.8
その他	1.4

（単位：wt%）

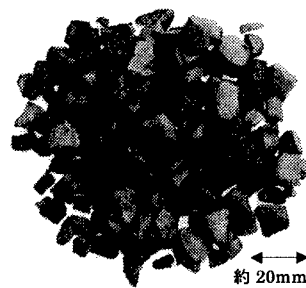


写真-1 熔融スラグ結晶石材

- 1) 所定量の原料および水をポットミルに入れ、100μm以下の粒径に湿式粉碎する。
- 2) スラリー状の調合原料を乾燥させタイル原料とする。これを金型に投入した後、加圧成形を行う。
- 3) 成形品を乾燥後、釉薬を吹き付ける。その後、電気炉を用いて所定の温度でタイルを焼成する。

3. 外装壁タイルの配合と各種試験結果

タイル試作の第一段階として、本石材、可塑性材料（粘土等）、非可塑性材料（長石等）の混合割合（タイル原料の配合）を表-2のように変化させて95×45×6mmのタイル（50二丁サイズ）を試作し、調合条件がタイル焼成後の寸法安定性（収縮率）と吸水率に与える影響について検討を行った。この際、十分な強度と安全性を有する結晶石材を原料とすることで高いリサイクル率を達成可能であると考え、結晶石材使用率50～70wt%の調合条件でタイルを製造した。なお、ここでは下水汚泥焼却灰を原料としたタイルの試験結果を報告する。

試験結果を表-3に示す。結晶石材の使用率が50～70重量%と非常にリサイクル率が高い調合条件においても、収縮率、吸水率ともに市販タイルと同等以上の性能を有していることがわかる。

表-2 タイル原料の配合（単位：wt%）

調合 No.	結晶化石材	可塑性材料	非可塑性材料
1	50	45	5
2	50	35	15
3	50	20	30
4	70	10	20
市販タイル	—	35～50	50～65

表-3 収縮率と吸水率試験結果

調合 No.	収縮率（長さ%）	吸水率（重量%）
1	8.43	0.02
2	8.555	0.04
3	7.32	0.07
4	7.80	0.02
市販タイル	9.0～9.5	0.05～0.1

キーワード：廃棄物、結晶石材、外装壁タイル、高いリサイクル率、安全性

〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島技術研究所 TEL: 0424-89-7072 / FAX: 0424-89-7086

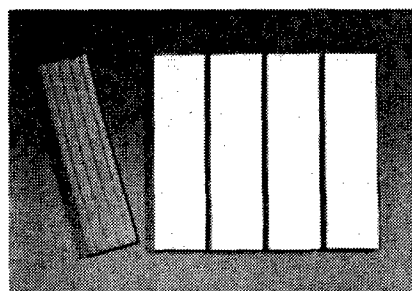


写真-2 開発した外装壁タイル

表-4 環境庁告示 46 号試験結果

項目	結晶石材	外装壁タイル	土壤環境基準
Pb	ND	ND	0.01 以下
Cd	ND	ND	0.01 以下
As	ND	ND	0.01 以下
Hg	ND	ND	0.0005 以下
Cr ⁶⁺	ND	ND	0.05 以下
Se	ND	ND	0.01 以下

表-5 外装壁タイル（二丁掛）の品質試験結果

項 目		試験結果	規格 (JIS A 5209)
寸法	長さ (mm)	226.890~228.045	227±3.0
	幅 (mm)	60.200~61.035	60.0±2.0
	厚さ (mm)	10.16~10.34	10.0±1.5
	裏あし高 (mm)	1.78~1.89	1.5 以上
反り	でこ反り (mm)	0.22~0.35	2.0 以下
	へこ反り (mm)	0.01~0.06	1.5 以下
	ねじれ (mm)	0.00~0.09	1.5 以下
	側反り (mm)	0.02~0.28	2.0 以下
ばち	長辺ばち (mm)	0.01~0.73	3.0 以下
	短辺ばち (mm)	0.02~1.08	2.0 以下
吸水率 (%)		0.06~0.08	1.0 以下
耐摩耗性 (g)		0.004~0.004	0.1 以下
曲げ強さ (N/cm)		488.7~531.2	100 以上
耐凍害性 (-)		異常なし	—
耐薬品性	耐酸 (-)	異常なし	—
	耐アルカリ (-)	異常なし	—

次に、表-2 の No.2 の配合条件を用いて 227×60×9mm のタイル（二丁掛サイズ）を試作し、タイルの焼成温度が寸法安定性に及ぼす影響、タイルの品質、安全性について検討を行った。

試作したタイルを写真-2 に示す。タイルの焼成温度と品質の影響については、焼成温度の高低（1,000～1,300℃）によって著しい形状の変化が確認され、結晶石材を原料としたタイルの焼成にあたっては適正な温度管理（約 1,200℃）が必要であることがわかった。試作タイルの環境庁告示第 46 号に基づく重金属の溶出試験結果を表-4 に示す。各項目とも検出限界値以下（ND）の数値が得られており、重金属の溶出は生じないと考えられる。また、JIS A 5209（陶磁器質タイル）に準拠したタイルの品質試験結果を表-5 に示す。すべての項目において JIS 規格を満足する品質を保持している。特に、吸水率、摩耗性等は市販の従来品と比較しても優れた数値となっている。

なお、都市ごみ焼却灰を原料とした外装壁タイルについても、下水汚泥焼却灰を原料としたタイルと同等の品質、安全性が得られている。

4. おわりに

今回、廃棄物の建設資材へのリサイクル技術として、熔融スラグ結晶石材を原料とした外装壁タイルについて報告を行った。今後、開発品をトンネル内壁、建築物外壁といった土木・建築資材として広域な展開を図るにあたって、既に施工性の評価を実施しており良好な結果を得ている²⁾。また長期的な安全性を評価することを目的として、原料となる結晶石材を対象に魚貝類等の生態系への環境影響評価試験を実施し、安全であることを確認している。さらに本研究では、将来的な廃棄物発生量の増大に対して、大量の廃棄物のリサイクル用途を確保するため、結晶石材をタイル以外の建設資材へ適用する検討も現在併行して進めている。

最後に、本開発の実施にあたり御協力いただいた（株）荏原製作所、（株）ヤマセ、オリオン商事（株）の関係者の方々に心より感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 永吉ら（1996）：ごみ焼却灰のブラズマ熔融による石材化，第 17 回全国都市清掃研究発表会講演論文集，Ⅲ-4-1，pp.88-90.
- 2) 新井ら（1999）：廃棄物を用いたエコマテリアルの開発—下水汚泥を原料とする外装壁タイルの開発—，日本大学生産工学部第 32 回学術講演会発表論文集，pp.269-272.