

下水道汚泥溶融スラグのれんがへの活用

福永 均 加藤 勝正 山本 紀一

Utilization of Fused Sewage Slag for Common Bricks

by

Hitoshi FUKUNAGA, Katsumasa KATO and Kiichi YAMAMOTO

環境負荷の低減と資源の有効利用を図るため、下水道汚泥溶融スラグのれんがへの活用技術について検討した。れんが土に下水道汚泥溶融スラグを粉砕して添加し、焼成後の表面性状や物理的特性に関する試験を実施し、れんが原料として活用する際の基礎データを得た。れんが土に45 μ m以下に全通した溶融スラグを30%添加し、1100 $^{\circ}$ Cで焼成した素地は白華現象も見られず、吸水率は4.6%と焼結性が良くなった。

1. まえがき

1995年度の下水道汚泥発生量は年間約170万トンで、そのうち大半が埋立て処分されているが、約3割は建設資材や緑農地などへ焼却灰（溶融スラグを含む）の状態で利用されている。本センターでは焼却灰のれんが土への活用試験を平成4年度より実施しているが、溶融スラグについては行っていない。汚泥焼却灰¹⁾をれんが土に添加すると、焼結性の優れたれんが素地が得られるが、白華現象が発生するため多量には添加できない。近年では焼却灰の減容化を図る目的で、汚泥を1300 $^{\circ}$ C以上の温度で溶融し、ガラス化したスラグが製造されている。下水道汚泥溶融スラグをれんが土に添加して、焼成後の試験体について、白華現象など表面性状の把握や物性測定を実施し、れんが素地へ活用する際の基礎データとした。

2. 実験方法

2.1 使用原料の特性

表1に使用したれんが土及び溶融スラグの化学分析値及び耐火度を示す。れんが土は三河粘土を主原料にしており、 α -石英31%、長石21%、カオリン鉱物31%、雲母16%からなっている。粒度分布は10 μ m以下31.8%、10~45 μ m

29.0%、45 μ m以上が39.2%である。耐火度はSK 17で1130~1180 $^{\circ}$ Cで焼成されている。

溶融スラグは日本下水道事業団、大阪南エースセンターから排出された粒径5mm以下のものをポットミルにより45 μ m以下が全通するように湿式粉砕して使用した。溶融スラグは鉄分、リン分及びカルシウム分を多く含んでおり、強熱減量測定時の試料重量の増加はスラグ中の鉄分の酸化によるものである。耐火度はSK 3aとれんが土に比べて低い。使用した溶融スラグの粒度分布は10 μ m以下37.4%、10~20 μ m 30.9%、20~45 μ m 30.1%、45 μ m以上1.6%である。

2.2 成形及び焼成試験

れんが土に対して粉砕した溶融スラグを10~30%添加し、坏土の硬度をれんが土に合わせて水分調整した後、押出成形によりW30 \times T15 \times L150mmの試験体を作製した。乾燥後、電気炉で昇温速度60 $^{\circ}$ C/hにより950~1150 $^{\circ}$ C（最高温度で1時間保持）で焼成した。焼成後の試験体を用いて、吸水率や曲げ強さ等の物性試験を実施した。なお、軟化変形²⁾については試験体をスパン10cmの耐火材エッジに置き焼成し、エッジ面から中央部の変形した距離を変形量（mm）として表示した。

表1 使用原料の化学分析値及び耐火度

試料名	化学分析値 (%)										耐火度
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig.loss	
れんが土	65.3	18.2	4.08	—	0.55	0.79	0.56	1.80	2.61	5.99	SK 17
溶融スラグ	25.6	11.3	15.8	11.9	1.08	30.2	1.87	0.75	1.61	-1.04	SK 3a

表2 溶融スラグ添加素地の物理的特性

素地名	成形水分 (%)	乾燥収縮率 (%)	乾燥曲げ強さ (MPa)	焼成収縮率 (%)					吸水率 (%)					曲げ強さ (MPa)				
				950	1000	1050	1100	1150	950	1000	1050	1100	1150	950	1000	1050	1100	1150
れんが土	20.9	7.1	4.0	0.7	1.6	2.7	3.5	3.8	15.8	14.1	11.6	9.5	7.6	6.3	6.3	7.4	10.6	11.3
S1	19.1	5.6	4.5	1.0	2.0	2.6	3.2	3.7	14.3	12.4	11.0	8.3	4.6	6.9	7.2	8.4	11.4	12.4
S2	18.5	5.0	4.2	1.7	2.5	3.2	3.6	4.9	13.0	11.8	10.6	6.5	1.0	7.9	8.6	9.4	12.5	18.9
S3	17.1	4.4	4.4	2.3	2.9	3.2	4.2	4.6	10.2	10.2	9.6	4.6	0.7	10.0	10.6	11.2	14.8	14.4

3. 実験結果及び考察

3.1 溶融スラグ添加素地の基礎性状

表2に溶融スラグ添加素地の物理的特性を示す。Sはスラグの略で1、2、3は添加量10、20、30%を示す。溶融スラグを添加すると成形水分量の低減化が図られると共に乾燥収縮率が小さくなり、乾燥曲げ強さは増加する。焼成収縮率は添加量の増加と焼成温度の上昇に伴い、ほぼ一定の割合で収縮する。添加量が増加すると焼結性が良くなるため、吸水率は低下する。S2及びS3素地を1150℃焼成したものは吸水率が1%以下となり素地表面はガラス化してくる。曲げ強さは添加量が増加すると焼結性が良くなるため、大きくなるが、S3素地を1150℃で焼成したものは発泡により曲げ強さが低下した。

焼成後の試験体の変形状態(図)について、変形量により検討した。れんが土の950～1150℃の変形量は0.2～1.1mmと小さく、目視では試験体に変形は認められなかった。溶融スラグを添加した素地の950～1100℃焼成の変形量は0.1～1.4mmで変形は認められなかったが、1150℃焼成で変形量が急激に増加し、S3素地の変形量は17.8mmと大きく、試験体は弓なり状態を示した。

溶融スラグは焼却灰と同様、れんが土に添加すると焼結性が良くなり吸水率の低下など物性が向上するが、添加量が多くなると過焼成になり急激に軟化変形しやすくな

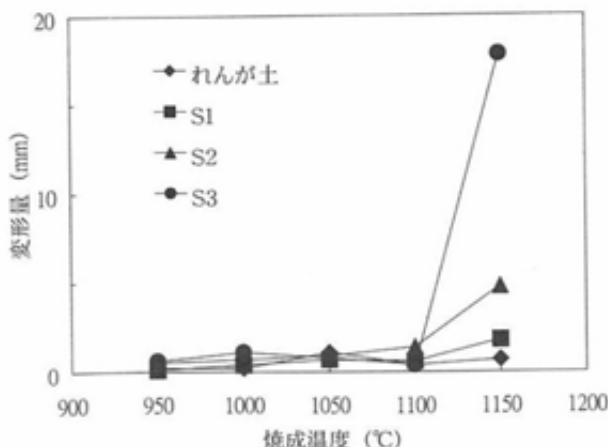


図 溶融スラグ添加素地の軟化性状

るため、温度管理には注意を要する。

3.2 焼成素地の組織変化及び表面性状

焼成後の溶融スラグ添加素地についてX線回折により結晶相を検討した。溶融スラグ添加素地にはウィットロカイト及びヘマトイトが生成した。ウィットロカイトは900℃以上になると結晶が成長³⁾し、ヘマトイトはスラグ中の鉄分が700℃以上になると酸化されて生成したものと考えられる。また表面性状については溶融スラグの添加量が多くなるに伴って濃い赤色になり、1150℃焼成では内部組織は一部発泡しており、黒っぽい色調を呈した。

豊川浄化センターの下水道汚泥焼却灰を使用した試験¹⁾では、焼成後の素地表面に白華現象が生じたが、溶融スラグでは認められなかった。この原因として成分の違いも考えられるが、焼却灰が汚泥を800℃前後で焼成しているのに対し、溶融スラグは1300℃以上の高温でガラス質に溶融されたもので、可溶性成分の溶出が押さえられたものと思われる。

4. まとめ

れんが土に下水道汚泥溶融スラグを添加した試験を行った結果、以下のことが判明した。

- (1) 溶融スラグは鉄分やリン分及びカルシウム分を多く含んでいる。鉄分は黒っぽく、酸化第一鉄のものを含み耐火度はSK 3aと低い。
- (2) 45μm以下全通した溶融スラグをれんが土に添加すると焼結性が良くなり、吸水率が低下し、曲げ強さが増加するなど物性が向上した。また、焼成後の素地表面には白華現象は認められなかった。

文献

- 1) 福永均、加藤勝正、浅井邦雄、服部金司、愛知県常滑窯業技術センター報告、21、37～42(1994)
- 2) 社団法人日本セラミックス協会編、セラミックスハンドブック、技報堂出版、1415～1416
- 3) 深沢正芳、竹内繁樹、山崎達夫、愛知県常滑窯業技術センター報告、25、47～49(1998)