

未使用製鋼スラグの安定のためのエージング法と配合

九州共立大学 学生員 岡村秀史
九州共立大学 正員 高山俊一
住友金属工業(株) 正員 橋本 透
住金小倉鉱化(株) 正員 杉 正法

1. まえがき

製鉄所から副産物として生産されるスラグは、水硬性を有し、しかも堅固な建設用材料である。したがってスラグの中の高炉スラグはかなり以前から使用され、最近では水硬化が進みほぼ100%が使用されている。一方、製鋼スラグは高炉スラグと同様に水硬性を有しているが、遊離石灰による膨張のため利用率が遅れていた。しかしながら、転炉スラグをほぼ100℃の蒸気でエージングすることによって膨張問題も解決したといえる。製鋼スラグの中には、溶銑予備処理スラグや造塊スラグが未だ利用されないで残されている。これら未使用スラグの利用を図ることが、リサイクル資源の活用から極めて大切であると考ええる。そこで著者らは、3~4年前から、この未使用スラグの利用を図るべき努力してきた。今回、スラグの蒸気エージングおよび加圧蒸気エージングを行い、水浸膨張比、修正CBRおよび一軸圧縮強度を調べた。

2. スラグの種類および実験方法

図-1にスラグの生成工程と種類を示す。品質の安定および膨張量の関係から、未だ利用されていない溶銑予備処理スラグ(以下溶銑スラグと示す)および造塊スラグについて実験を行った。

実験は次の項目にしたがっておこなった。

- (1) 溶銑スラグおよび造塊スラグの蒸気エージング時間別および加圧蒸気エージング時間別の水浸膨張比、(2) 転炉スラグとエージング処理後の溶銑スラグおよび造塊スラグを混合配合し、CBRおよび一軸圧縮強度試験
(3) (2)の試験結果から適当である配合を選び、同配合に高炉スラグおよび水砕を混入して各種試験を実施する。

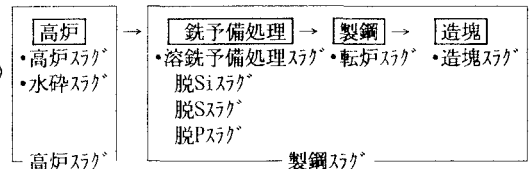


図-1 スラグの生成工程と種類

スラグの蒸気エージングは小型蒸気処理槽(40×40cmで高さ82cmの鋼製箱、内部の温度は約100℃に保持されている)を用いて実施した。蒸気エージング時間は、6、24および48時間とした。加圧蒸気処理槽は圧力10kgf/cm²まで可能であるが、今回、エージングのための圧力は3および6kgf/cm²とした。水浸膨張試験はJISA5015(同路用製鋼スラグ)に準じて、80℃で一日6時間の保持で10日および20日まで行った。

3. 配合およびスラグの化学成分、物理的性質

表-1に転炉スラグと各スラグの配合を示す。各スラグはエージング処理を実施して使用する。配合はスラグの生産量を配慮した。表-2に各スラグの化学分析結果を示す。膨張要因と考えられる各スラグの遊離石灰量(f-CaO)は、3.3~3.5%とはほぼ同程度である。エージング処理後のスラグの物理的性質を表-3に示す。スラグ中に鉄分が残存しているため、一般の碎石に比べて比重は若干大きくなっている。

表-1 配合表

テスト 材料\NO	造塊シリーズ					溶銑予備シリーズ			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
転炉スラグ	100	90	70	50		90	70	50	
造塊スラグ		10	30	50	100				
溶銑スラグ						10	30	50	100

表-3 スラグの物理的性質

	比重		吸水率(%)		単位容積質量(kg/l)
	粗骨材	細骨材	粗骨材	細骨材	
転炉スラグ	3.40	2.92	1.53	6.21	2.17
溶銑予備処理スラグ	3.68	2.87	4.65	7.61	1.97
造塊スラグ	3.01	2.74	3.03	6.41	2.02

表-2 スラグの化学成分(%)

材料\成分	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	FeO	P ₂ O ₅	S	Na ₂ O	K ₂ O	F-CaO
転炉スラグ	50.5	15.5	5.4	2.6	6.1	0.53	15.0	1.72	0.448	0.047	0.029	3.52
溶銑スラグ	36.0	17.5	1.8	2.4	12.5	1.05	25.0	1.87	0.376	0.019	0.058	3.36
造塊スラグ	50.8	17.0	4.6	9.0	6.0	0.39	9.0	0.90	0.450	0.073	0.059	3.28

4. 実験結果および考察

6、24および48時間の蒸気エージングを行った後に水浸膨張試験を実施した。図-2に蒸気エージング時間と水浸膨張比の関係を示す。膨張量が最も大きい造塊スラグは、蒸気エージングを24時間実施すると膨張量が1%以下となり、JISの規格値の1.5%以下となった。造塊スラグにエージングをさらに48時間実施すると、膨張量は減少して約0.5%となった。溶銑スラグは蒸気エージングを24時間実施すると、膨張量が0.3%と著しく小さくなり、転炉スラグの場合とはほぼ同程度になった。JISの水浸膨張比は、10日間の膨張量で判断するが、10日以上20日間まで測定した。蒸気エージングを48時間実施した後、各スラグの膨張量を図-3に示す。同図によると、転炉スラグの膨張量に比べ、造塊スラグおよび溶銑スラグの膨張量は漸増傾向がみられる。20日後の造塊スラグの膨張量は約0.9%を示し、10日後の膨張量の約2倍にも達している。造塊スラグおよび溶銑スラグの場合、20日以降の膨張量の伸びが懸念される。そこで、圧力3および6 kgf/cm²で蒸気エージングを行った。その結果を、加圧エージング処理時間と水浸膨張量比の関係を図-4に示す。同図によると、加圧エージング時間がわずか1時間で、全てのスラグの膨張量は1%以下となり、極めて短時間でエージングの効果があることがわかる。加圧エージング時間が4時間および8時間と長くなると、膨張量は小さくなっている。図-5にはスラグの混合配合と修正CBRの関係を示す。配合割合の0%とは、造塊スラグおよび溶銑スラグが0%であり、全て転炉スラグであることを示す。同図によると、造塊スラグ混合配合では50%混合のCBRが最も大きくなる。溶銑スラグの混合配合でのCBRは、溶銑スラグが多くなるにつれCBRが減少する傾向を示した。各スラグの生産量も考慮し、転炉スラグと造塊、溶銑両スラグの混合配合を7:3とし、さらに高炉スラグと水砕を混合して複合配合とした。複合配合の水浸膨張比を測定し、その結果を図-6に示す。膨張量が大きい造塊スラグの場合が、加圧6 kg・4時間のエージングで0.58%であるが、複合配合にすることにより、0.43%となって約25%も減少している。したがって、これまで品質のばらつきが大きかった造塊スラグや溶銑スラグについても、配合の改善を図ることによって上層路盤として使用できるものと考えられる。

終わりに、実験に御協力を戴いた本学学生吉田勢生氏に謝意を表します。

また、本研究の一部は文部省科学研究費（試験研究（B）、課題番号07555138）を利用しておこないました。ここに深謝いたします。

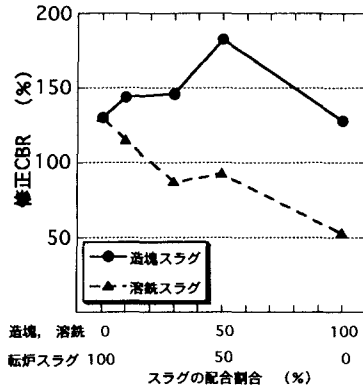


図-5 配合比と修正CBRの関係

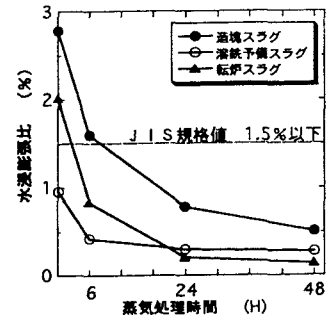


図-2 水浸膨張比と蒸気処理時間の関係

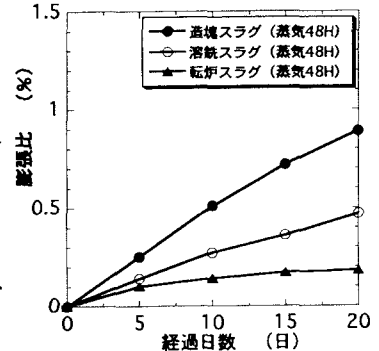


図-3 水浸膨張比と経過日数の関係

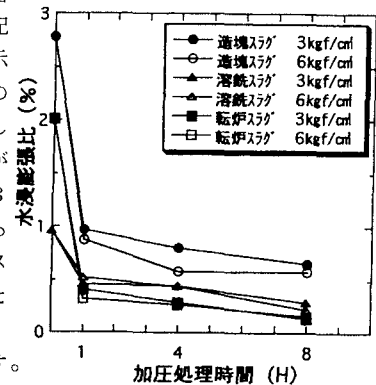


図-4 加圧エージング処理と水浸膨張比

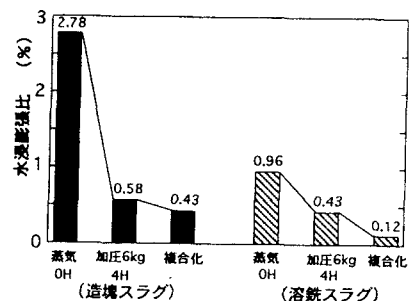


図-6 複合配合による膨張量の低減