

九州共立大学工学部 正員 高山 俊一
 九州工業大学工学部 正員 出光 隆
 住友金属工業(株)小倉製鉄所 橋本 透
 住金小倉鉱化(株) 杉 正法

1. まえがき

資源の乏しい我国にとって、限り有る資源を有効に利用することが極めて大切な事である。北九州市内の大学および企業では、製鉄所から排出されるスラグの利用法について長年、積極的に実験・研究を行なってきた。このため、現在高炉スラグについては、ほぼ100%近くが利用されている。一方、高炉スラグと同様に潜在水硬性を有している転炉スラグについては、遊離石灰(f, CaO)の膨張現象のために未だ十分に利用されているとは考えられない。転炉スラグの膨張量を減少・抑制するためにエージングが実施されているが、これまでの屋外放置のエージングでは安定化するために少なくとも約6ヵ月ほどの長期間が必要であった。これでは次々に排出される多量のスラグを速やかに処理できない。そこで筆者らは、迅速および確実なエージング方法と考えられる蒸気エージング法に着目し、膨張量とエージング時間の関係を求めた。また転炉スラグでの一軸圧縮強度試験および変形係数測定も行なった。

2. 実験方法

試料として3箇所の製鉄所で排出した11種類の転炉スラグを使用した。転炉スラグの化学分析結果の一例を表-1に示す。11種類のスラグ中の遊離石灰の量は1~9%と種々異なっている。蒸気エージングを行った容器は、鋼鉄製で直径が40cm、高さが82cmであり、底部の方から蒸気が継続して供給される。容器に入る前の蒸気は蒸気圧8kgf/cm²で約200℃を示した。蒸気エージング時間は6、12、24および48時間とし、所要時間ごとにスラグの一部を採取し、水浸膨張試験および一軸圧縮強度試験を行った。

水浸膨張試験用の供試体の作製は、スラグをφ15×14.8cmのモールド中に3層に分けて詰め、4.5kgのランマーを使用し、92回/層で自動突き固め試験機を用いて行った。作製した供試体は温水(80℃)中に1日6時間だけ浸し、この状態を10日間繰り返し膨張量を測定した。

一軸圧縮強度試験は「JIS A 5015 道路用スラグ」の試験方法に準じて行った。試験の材令は14日、28日および91日とした。混合配合とは転炉スラグ、高炉スラグおよび水砕の3種類の材料を70:20:10で混合したものである。

3. 結果および考察

3.1 膨張量と蒸気エージング時間

図-1は膨張量と蒸気エージング時間の関係を示す。蒸気エージング時間が0時間とはエージングを実施しなかった場合を意味している。同図によると、遊離石灰量が多いNo.4、5の場合、エージングが0時間での膨張量は2.0%および6.7%となりかなり大きい。蒸気エージング時間が長くなるにしたがって膨張量は著しく減少している。最大の膨張量を示したNo.5のスラグの場合も24時間のエージングを実施すると、膨張量は0.25%と著しく減少した。また、48時間のエージングを行った場合、全ての試料で膨張量は0.1%以下となり、試料No.6の場合には、膨張量が全く観測されなかった。したがって、蒸気によるエージング処理は24時間でも十分と考えられるが、48時間のエージングを実施すれば残存膨張量はほとんど観測されなくなるものと考えられる。図-2には転炉スラグを3箇所の製鉄所で採取し、蒸気エージング(48時間)を実施した場合と未エ

表-1 転炉スラグの化学成分(産地:A)

	CaO	SiO ₂	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	FeO	T-Fe	TiO ₂	f	F.CaO	CaO/SiO ₂
No.1	50.1	16.9	3.94	8.88	1.89	2.12	0.26	10.3	7.96	0.77	1.05	1.20	2.96
No.2	42.5	14.5	3.50	7.70	1.80	2.00	0.13	18.7	20.1	0.80	0.83	1.93	2.93
No.3	47.9	16.7	5.00	6.00	2.07	2.03	0.41	8.62	14.1	0.66	2.40	1.23	2.87
No.4	52.0	17.0	3.00	5.20	1.63	2.01	0.14	17.7	13.6	0.77	2.77	4.14	3.06
No.5	50.7	18.4	3.10	5.10	2.50	2.15	0.29	6.46	12.3	0.66	1.13	3.30	2.76
No.6	45.0	16.5	4.00	8.98	2.40	1.06	0.28	12.4	15.6	0.70	0.76	1.34	2.73

ージングの転炉スラグの膨張量と遊離石灰量との関係を示す。白印は未エージングスラグでの膨張量の測定結果であるが、遊離石灰量が多いほど膨張量は大きくなっている。遊離石灰が約9%のスラグでは、膨張量が約11.5%にも達している。蒸気エージングを48時間行ったスラグの膨張量は黒印で示しているが、全ての試料の膨張量は0.5%以下であり、著しく小さくなったことが認められる。したがって、転炉スラグに48時間の蒸気エージングを行えば、スラグの膨張量は著しく減少するために安心して使用できるものと考えられる。

3. 2 圧縮強度と蒸気エージング時間

図-3はNo. 3のスラグについて所定時間のエージングを行い、各時間ごとに試料を採取した後、各試料での圧縮強度試験を行った結果である。同図によると圧縮強度のばらつきが大きく、強度とエージング時間との関係は認められない。転炉スラグ単味の場合、材令にしたがって強度が大きくなり、強度の伸びは順調である。アスファルト舗装要綱でスラグ路盤材の一軸圧縮強度の規格値(材令14日)は12kgf/cm²以上と定められているが、混合配合での強度は材令14日で13.8kgf/cm²となって規格強度を上まわっている。混合配合での強度は材令28日で19.5kgf/cm²、91日で45.0kgf/cm²となり、強度の増加が著しく、混合配合にすれば上層路盤として十分に使用できるものと考えられる。

4. まとめ

蒸気エージング工法は、転炉スラグの遊離石灰による膨張を迅速かつ簡便に減少させることができる有効な手段と考えられる。工場における蒸気エージングの工程の概略を図-4に示す。1サイクルを6日間とし、1回の転炉スラグの処理量は300~350ton(幅9m、奥行き12m、高さ2m)と考えられる。

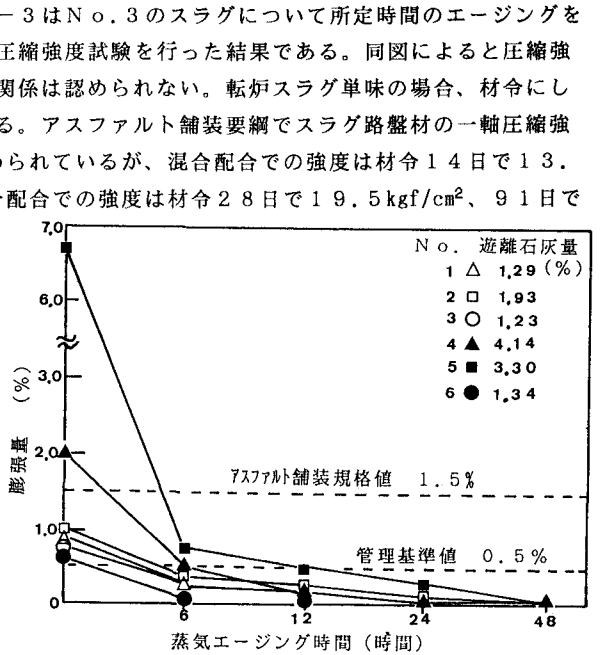


図-1 膨張量と蒸気エージング時間

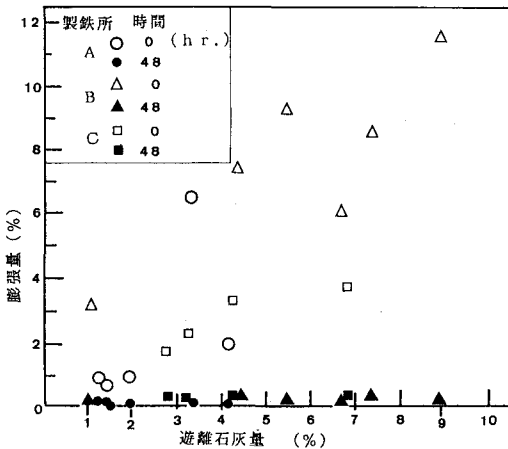


図-2 膨張量と遊離石灰量

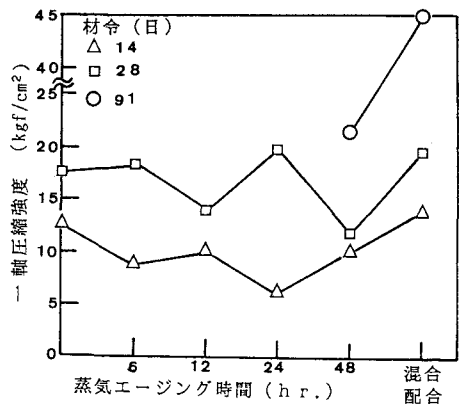


図-3 圧縮強度と蒸気エージング時間

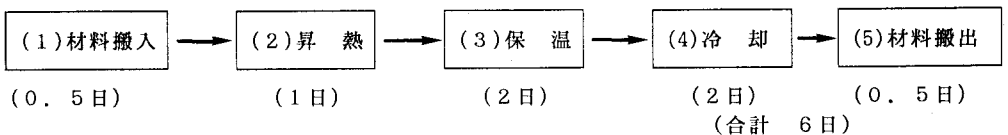


図-4 蒸気エージングの工程