

長期材令における転炉スラグコンクリートの安定性

金沢大学 正員 川村 満紀 同 正員 鳥居 和之
同 学生員 杉森 孝 同 正員 柳場 重正

1. まえがき

転炉スラグの風化崩壊はスラグ中の $f\text{-CaO}$ 相の水和反応による体積膨張が主原因と考えられており、 $f\text{-CaO}$ 相の量とともにその存在形態（未水化および晶質化）が風化崩壊において重要なようである。

本報告は、転炉スラグの鉱物組成および屋外におけるエージングが、転炉スラグを用いたコンクリートの長期材令における安定性にどのような影響を及ぼすかについて検討したものである。

2. 実験概要

本実験に使用した2種類の転炉スラグの化学成分は表-1に示す通りである。コンクリート用骨材として用いた転炉スラグは、製鉄所より供給された直後のもの（エージング0）、1および3ヶ月間、屋外において風化させたものである。コンクリートは、水・セメント比：60%、単位セメント量：300 kg/m³および細骨材率：45%の配合条件で作成した。転炉スラグコンクリートの圧縮強度、静および動弾性係数およびパルス速度の材令にともなう変化を調べるとともに、X線回折およびSEM観察により、コンクリート中において崩壊した転炉スラグ粒子の鉱物組成等の特徴を調べた。

3. 実験結果および考察

転炉スラグを用いたコンクリートの長期材令における安定化の程度は、屋外養生と水中養生の場合で異なる。これは両者の水分供給の状況の相違によるものと考えられる。屋外養生した転炉スラグコンクリートでは転炉スラグ骨材の崩壊にともなう供試体の劣化は一年材令においてもまったく観察されなかった。一方、水中養生した転炉スラグコンクリートでは6ヶ月材令以後にポップアウト等の劣化現象が観察され、特にエージング0の転炉スラグを粗骨材として用いた場合に顕著な劣化が認められた。コンクリートの劣化現象はほとんど5mm~10mm程度のポップアウトの発生である（写真-1）。圧縮強度の低下をもたらすような劣化現象は、転炉スラグBを用いたコンクリートに一部認められただけである（写真-2、図-1）。転炉スラグ骨材のエージングの効果はいずれの場合も顕著に認められ、エージング期間が0、1および3ヶ月と増加するにつれて、転炉

表-1 転炉スラグの化学成分

	LD Slag A	LD Slag B
Free-CaO	8.05	7.69
Ca(OH) ₂	1.69	1.52
CaCO ₃	5.33	3.75
FeO	11.72	12.59
Fe ₂ O ₃	12.44	13.11
SiO ₂	9.90	8.96
Al ₂ O ₃	1.03	1.18
T-CaO	42.90	42.10
MgO	7.90	7.96
MnO	4.40	4.76
P ₂ O ₅	2.40	2.77

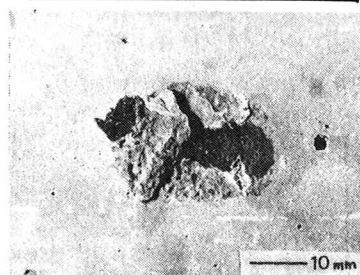


写真-1 転炉スラグBを用いたコンクリート（エージング0、水中養生1年）のポップアウト部分

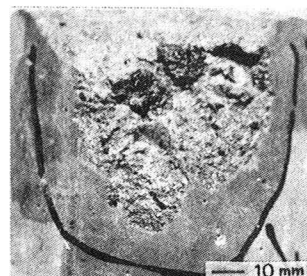


写真-2 転炉スラグBを用いたコンクリート（エージング0、水中養生1年）の崩壊部分

スラグコンクリートに発生するポップアウトによる劣化度（ポップアウト部分の容積Vで評価）は急激に減少する（図-2）。

転炉スラグコンクリートの崩壊部分に存在する転炉スラグは、通常みられる黒色のスラグではなくて茶褐色を呈しており、これらのスラグは水和反応により軟質化しているのが観察された（写真-3および4）。図-3は、転炉スラグコンクリートのポップアウト部分より採取したスラグ（茶褐色）および同じコンクリート中のスラグ粒子（黒色）のX線回折結果を示したものである。スラグ粒子（黒色）には、水和反応の形跡はまったく認められないが、ポップアウト部分より採取したスラグ（茶褐色）には、比較的大きな $f\text{-CaO}$ のピークが存在するとともに、 $f\text{-CaO}$ の水和反応によって生じたと思われる $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の大きなピークが存在する。実際、エチレングリコール法によって求めたポップアウトの原因となるスラグ粒子（茶褐色）と通常のスラグ粒子（黒色）の $f\text{-CaO}$ 量は、それぞれ14.3%と7.5%であり、両者間に明確な $f\text{-CaO}$ 量の相違が認められた。

4. まとめ

転炉スラグを用いたコンクリートの長期材令において発生する劣化現象は、転炉スラグ骨材中に数%程度混在する $f\text{-CaO}$ を多く含む比較軟質なスラグ粒子の水和反応の結果生じたものと思われる。したがって、品質管理および十分なエージングによって転炉スラグ骨材中の不良部分を安定化したのちに使用すれば、転炉スラグはコンクリート用骨材として十分活用できるものと思われる。

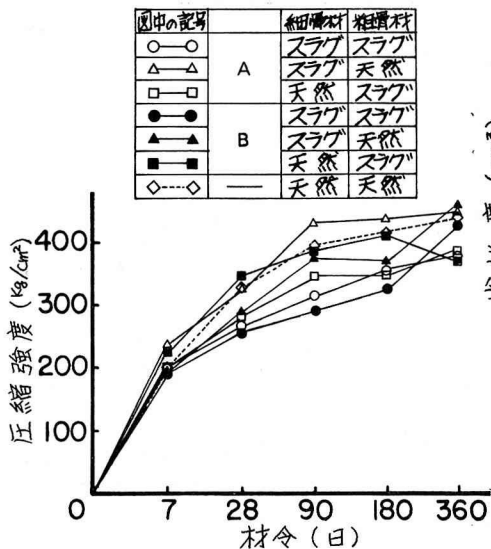


図-1 転炉スラグコンクリート(エージング0)の圧縮強度と材令の関係

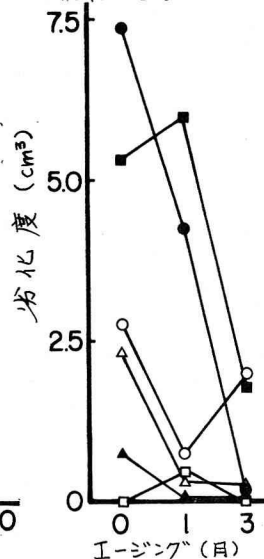


図-2 エージング期間と劣化度の関係

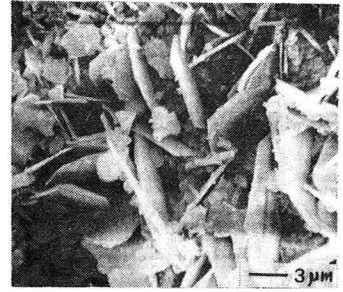


写真-3 転炉スラグBを用いたコンクリート(エージング0,水中養生1年)のポップアウト部分のSEM像

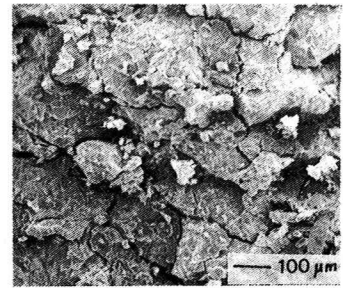


写真-4 風化崩壊の原因となる軟質な転炉スラグのSEM像

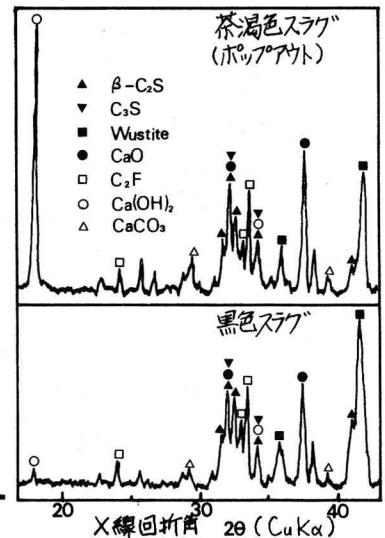


図-3 転炉スラグ(茶褐色スラグ、黒色スラグ)のX線回折図