

PSV-7 フェロニッケルスラグ細骨材のポップアウト

筑波大学構造工学系 正員 山本泰彦
陸上自衛隊施設学校 正員 秋山 淳

1. まえがき

ポップアウト（popout）とは、コンクリートの表面近くの骨材が何らかの原因により膨張し、これに伴ってコンクリート表面の一部が抜け出る現象をいう。著者らは、フェロニッケルスラグ（以下、スラグという。）をコンクリート用細骨材として活用する場合の使用法や問題点に関する一連の研究を行って来たが、この中で一部のスラグがポップアウトを起こすことを確認したのである〔1〕。

本文は、スラグ粒子のポップアウトが生じた状況を紹介するとともに、ポップアウトの原因について調べた試験結果を述べたものである。

2. ポップアウトの状況

(1) ポップアウトを生じたスラグの化学組成

我が国で排出されている全スラグ（7種類）のうち、3種類がポップアウトを起こした。これらのスラグの平均的な主要化学組成は表-1に示したようであるが、ポップアウトを起こさなかったものの化学組成とほとんど同じである。

(2) ポップアウトが生じた条件

50℃の水中に3～6ヶ月放置した場合および180℃のオートクレーブ養生を8時間行った場合に上記の3種類が写真-1のようなポップアウトを起こした。しかし、20℃の水中や屋外に放置した場合は3年以上経過してもポップアウトは全く認められなかった。

(3) ポップアウト粒子の特徴

コンクリート中においてポップアウトの原因となった粒子は、スラグの種類にかかわらず、白色、灰白色あるいは赤褐色をしており、元のスラグの色（黒、暗褐色または黒灰色）と著しく相違していた。

また、白色および灰白色の粒は軟化していたが、赤褐色のものは粒の硬さを保持していた。

(4) ポップアウトの数

最も多い場合でも $\phi 10 \times 20$ cmの供試体に3ヶ所程度であり、同じバッチから作成した供試体でもポップアウトの認められないものもあった。

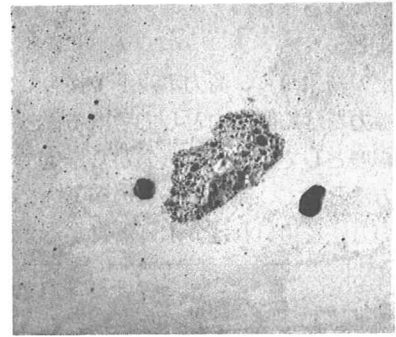


写真-1 スラグ粒子によるポップアウト

表-1 スラグの主要な化学組成

スラグ		化学組成，%				
ポップアウト	名称	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	FeO
有	S 2	53.2	34.4	1.5	2.9	6.2
	S 4	54.1	28.4	5.5	2.4	7.7
	S 7	52.2	33.7	0.9	1.5	9.0
無	S 1, S 2 S 5, S 6	50～56	26～37	0.2～14	1.2～3.7	4.4～6.4

3. ポップアウトの原因に関する検討

赤褐色の粒は元のスラグ中には存在しない。また、スラグの中に極く僅かに認められた白色および灰白色の粒を拾い出し、これらをペースト中に埋め込んでオートクレーブ養生してもポップアウトは生じな

った。従って、前述したポップアウト粒子の色は何らかの原因によるスラグ粒子の変質を示し、この変質に伴う膨張によってポップアウトが生じたものと考えられる。そこで、先ず、ポップアウトの原因となっていた白色および赤褐色の粒をコンクリート中から摘出し、粒の成分をマイクロアナライザーで分析した。ただし、白色の粒は粉状の形でしか採取できなかった。

図-1に、X線マイクロアナライザーによる含有原子のピーク図の1例（赤褐色粒子のデータ）を示した。また、表-2は、図-1のような結果をもとに試料の化学組成を酸化物の形で表したものである。表-2を参照すると、ポップアウト粒子の化学組成はスラグの平均的な成分（表-1）と全く異なっており、特に赤褐色粒子はその組成の80%以上がMgOであることが認められる。一方、白色試料の場合にも、元のスラグのCaO含有量が僅かであることを考慮すると、表中の高いCaO量はセメント水和物の混入の影響であり、MgOの含有割合は極めて多いと考えられる。したがって、これらの結果から判断すれば、スラグ中に遊離したMgOの粒が混入しており、これが水と結合する際に膨張してポップアウトを起こした可能性が大きいと考えられる。

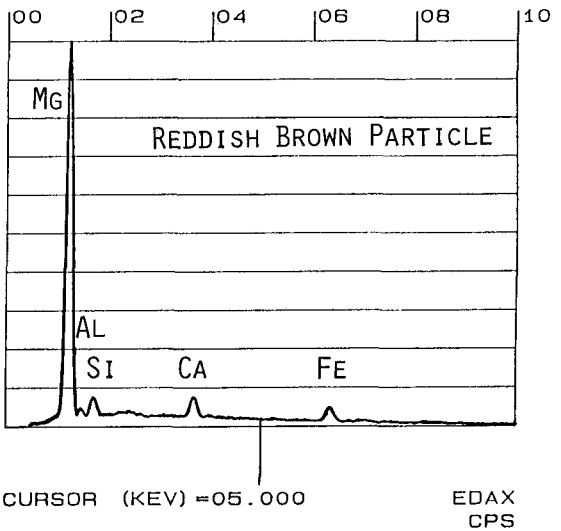


図-1 X線マイクロアナライザーの試験結果

表-2 ポップアウト粒子の化学組成

粒子の色	化学組成, %				
	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	FeO
白色	3.8	41.5	44.8	3.2	3.3
赤褐色	6.0	82.3	3.0	4.0	4.7

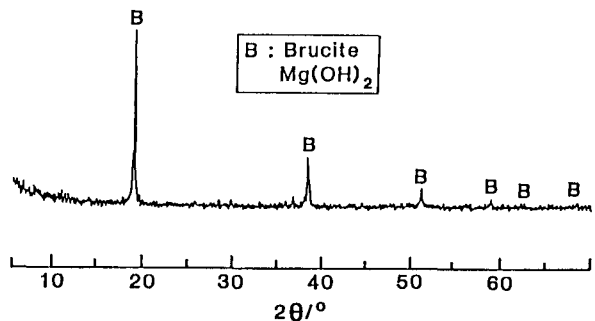


図-2 ポップアウト粒子のX線回折結果（Cu, Kα）

4. むすび

本研究を通じて、スラグのポップアウトの原因を明らかにすることができた。

【参考文献】

1. 秋山淳・山本泰彦：コンクリート用細骨材としてのフェロニッケルスラグの利用，土木学会論文集，第366号/V-4，1986年2月。