

V-219 非鉄金属スラグコンクリートの2,3の問題点について

ハル工業大学 正員 〇 佐谷 征美
 “ “ “ 杉田 修一
 ハル工業高専 “ “ 菅原 隆

1. はじめに

筆者らは、コンクリート用骨材として非鉄金属スラグの適性を探るにめ諸々の検討を行つて来た。本報告では、これらスラグのうち亜鉛水砕スラグ（以下Znスラグと略記）とフェロクロムスラグ（Crスラグ）とそれぞれ細骨材および粗骨材として用いた場合の2ケースについて、骨材自体のエージング試験、フレッシュコンクリートのブリージング及びプロクター貫入試験等、さらに硬化コンクリートの力学的挙動など長期性に対する調べに結果と基に、これらスラグのコンクリート用骨材としての適性と問題点について若干の考察を行ったので報告する。

2. スラグ物性とエージング効果

Znスラグは水石中にありガラス質状で、形状は比較的鋭角で、色調は黒色に近い。化学成分としては表-1にみられるように、FeOが37~38%も含有されており、さらにZn成分が7%近く存在する。比重は3.77と重く、吸水率はほぼ0に近い。一方、Crスラグは乾砕であり、MgOと30%近く含みCr₂O₃も4%程度存在する。形状は碎石に近いが微細な気泡が表面に観察され、色調は褐色を呈し比重は3.76とZnスラグに比較的大きい。これらスラグは比重の大きさと一般に有害成分と認識されている。

表-1 スラグ成分表 (wt%)

	粉砕方式	Zn	Pb	Cu	S	CaO	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	Cr ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O
フェロクロム	乾砕	—	—	—	0.35	4.52	31.3	3.28	23.2	31.94	0.17	4.62	0.04	0.07
亜鉛	水砕	6.93	0.61	0.67	2.31	15.66	18.96	36.28	9.44	—	—	—	—	—

化学成分を一定量以上含む点で共通している。表-2から、エージング（屋外暴露）はCrスラグ（最大寸法25mm）の物性に大きな変化をもたらさないこと、Znスラグは少量のFeOを含むため崩壊等の懸念があったが、1年経過時点では赤錆によるゆるい固結状況や粗度がいく分細くなる様な様相にとまわっている。

表-2 エージング試験の結果

経過期間	F M	Zn	Cr	Zn	Cr	比重	吸水	Zn	Cr	Zn	Cr	BS値
0日	2.60	6.79	1.94	1.85	3.77	3.06	0.28	0.85	—	—	—	14.0
30日	2.49	6.55	1.98	1.84	3.66	—	—	—	—	—	—	24.6 13.6
90日	2.46	6.88	1.98	1.75	3.71	3.04	0.15	0.77	—	—	—	—
半年	2.51	6.62	2.00	1.81	3.70	3.07	0.18	0.43	23.6	14.3	—	—
1年	2.36	—	2.04	—	3.76	3.08	0.15	0.70	—	—	—	—

3. フレッシュコンクリートの性質

試験繰り返りによる結果、Znスラグを細骨材として用いる場合同一af.m.の川砂に比べS/aは3~4%減、単位体積量は7~10%増加が必要があった。Crスラグを粗骨材とした場合通常の碎石よりさらに10%以上の水量が要求された。Crスラグのブリージング率は天然碎石を用いた場合より2~3%高くなったが、凝結は異状が認められなかった。これに対し、図-1にみられるように、Znスラグを細骨材として用いた場合はブリージングが著しくなる様相にあり、Znスラグと川砂がある一定の混合比で最大となるような極端な特異な性状を示したのびあって、またこの発現状況は水セメント比によって変化する事が認められるのである。図-2はZnスラグ単体使用の場合（AE減水コンクリート）、ブリージングが粗粒終了後も再振動によってかなり多量の再ブリージングを生ずる場合が

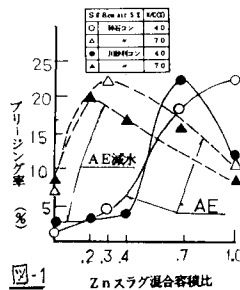


図-1

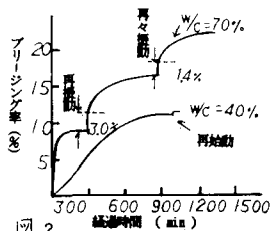


図-2

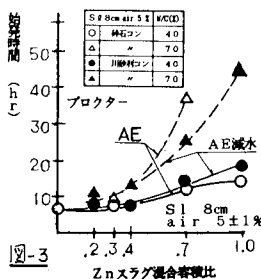


図-3

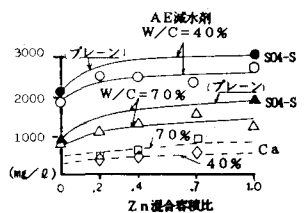


図-4

有り、高水セメント比に顕著であることが示されている。図-3はプロクター貫入試験による凝結の始発がズルスラグ混入率の増加とともに遅延し、 $W/C=70\%$ では2日程度経過後にしか凝結が確認できず、場合によっては異常な様相を呈している。図-2に示されるように浮上可能水量が多いことや、ズルスラグ中成分の溶出等に依存する現象かと考えられる。このフリーズ・スライス法による化学分析を行い、図-4は、分析により特に多量と思われる SO_4-S および Ca 量とズル混合比の関係であり、水セメント比が70%の場合、混合比が増すと SO_4-S 成分は2倍近くになっており、これが水和を遅らせる一原因として推察する結果を与えている。なお、先図中のフリーズ・スライス現象はズルスラグの形状や表面性状さらに比重の大きさに依存しにものと考えられる。

4. 硬化コンクリートの長期性状

水セメント比55% AECコンクリートについて1年までの屋外および水中浸漬条件下での各種試験と実施した。試験項目は、圧縮強度、引張強度、静弾性係数、超音波伝播速度および中性化深さ、長さ変化等である。セメントは普通セメント ($R_{20}=0.77\%$, Nと略記) およびこれに $NaOH$ を所定量添加し $R_{20}=1.2\%$ としたセメント (NHと略記) の2種類とした。NHセメント使用の場合Nセメントより強度が若干低下する傾向にあった。

Crスラグを用いた場合、水中浸漬条件下の強度の増加に伴う強度の発現傾向は比較的良好であったが、図-5にみられるように屋外暴露条件下ではCr混合容積比が3割の場合に水中浸漬下に比べ圧縮強度、静弾性係数の低下が著しく、30%近くにも達している。Cr混合比がそれ以上でもこの傾向は認められるのであり、川砂利コンクリートの場合より著しく、何らかの物性変化の生じたと考えている。一方、ズルスラグと細骨材として混合した場合、強度、弾性係数および伝播速度は混合比50%と10数%屋外に低いが、混合比100%、すなわちズルスラグ単体使用の場合との関係が逆転し、いずれも水中条件下で低下を示しているのである。図-6は水中および屋外暴露条件下における長さ変化を示しているが、Crスラグの場合、水中では長さに大きな変化は認められぬが屋外暴露では混合比3割の場合、基準コンクリートより20数 $\times 10^{-4}$ 程度膨張の結果が認められるのであり、力学的挙動と寸法対応しているといえる。ズルスラグの場合、乾燥収縮はほとんど生じておらず、水中では10数 $\times 10^{-4}$ 程度の膨張を示すものの長さ変化だけで力学的性質の変化を説明することはできないと考えられる。Crスラグでは $MgO \rightarrow Mg(OH)_2$ 、ズルスラグでは鉄の酸化やその影響が考えられるが詳細は今後の検討にまかす。図-7はCrスラグコンクリートでは屋外暴露1年において強度の低下も伴った弾性係数の低下が著しいことが明瞭に認められるのであり、原因の解明とともにさらに長期の観測が1つ要と思われる。

参考文献：柳田、佐谷、菅原、
第40回年次講演、p.9~10, 1975.

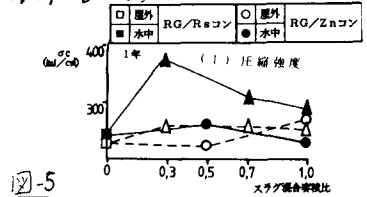


図-5

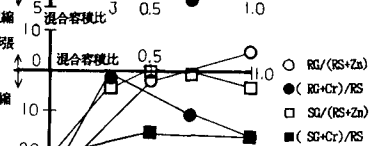
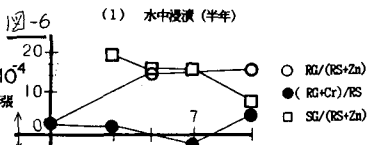
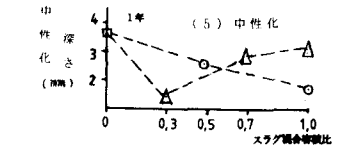
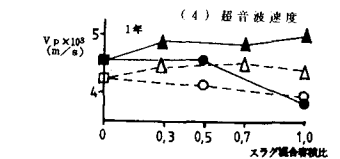
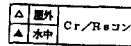
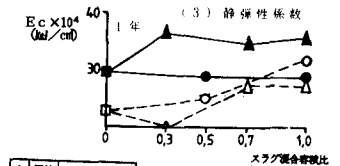
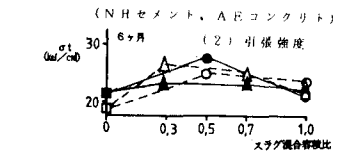


図-6 (2) 屋外暴露 (半年)

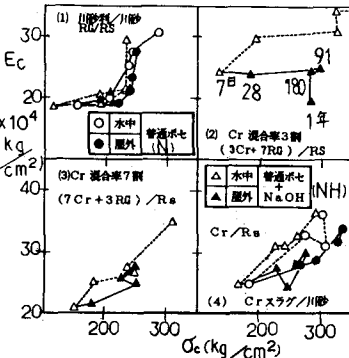


図-7