

V-76

高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの練り混ぜ均等性に関する研究

新日鐵化学(株) 正 近田孝夫 日本ルコンクリート(株) 正 藤井健太郎
 石川島建材工業(株) 寺崎 勝 新日鐵化学(株) 正 森山容州

1. まえがき

高炉スラグ微粉末(スラグまたはS)をコンクリートプラントで普通セメントと混合して用いる方法は、アメリカ、イギリス、南アフリカ連邦等で広く普及しており、わが国でも、一部製鉄所構内工事等で実施されている。これらの結果によると、現場のコンクリートミキサで十分混合されていることが報告¹⁾されているが、いずれも通常のスランプ、設計基準強度のものが多く、

本報告は、大型のコンクリート製品等に用いるような、低スランプで比較的設計基準強度の大きいコンクリート($f'_{ck} = 480 \text{ kgf/cm}^2$)を、現場のミキサを用いて練り混ぜる場合の、コンクリート中のスラグの分散性について、各種の方法を用いて検討したものである

2. 実験概要

2-1. 使用材料と配合

セメントは、普通ポルトランドセメント(セメントまたはN)と、セメントをスラグで50%置換した試製高炉セメントB種(BB)を用いた。用いたスラグは、ブレン値 $4270 \text{ cm}^2/\text{g}$ で SO_3 が1.9%のもので、ミキサ練り混ぜ時にセメントとスラグを等量投入した。また、EPMA観察にはNiO粉末(工業用、純度99.9%、比重6.96、平均粒径 $9.4 \mu\text{m}$)をスラグ中に重量比で2%前混合した試料も用いた。細骨材は福岡県産の山砂と2種類の海砂を、混合率35:35:30で混合したもの(PM2.52)を用い、粗骨材は北九州産の碎石($G_{\text{MAX}} 20 \text{ mm}$, FM6.65)を用いた。混和剤は高性能減水剤を用いた。

配合条件は目標スランプ 2.5cm、目標空気量 2.0%、単位セメント量 440 kg/m^3 、細骨材率38%とした。

2-2. 練り混ぜ方法

練り混ぜには、生コン工場で行われている2軸強制式(容量1500ℓ、回転数30rpm)ミキサを用い、細骨材・水・セメント(スラグ・BB)を連続的に投入した後粗骨材を投入するという順序で行った。1バッチの練り混ぜ量は 1 m^3 、練り混ぜ時間は材料投入開始から60、90、120秒とした。

2-3. 試料採取方法

試料は、練り混ぜ終了後にミキサ内の10点から採取した。(図-1参照)

2-4. 試験項目

a)圧縮強度：①～⑩より採取した試料で供試体を作製し、標準養生を行い、7・28日で試験した。

b)溶解法：①③⑤⑥⑧⑩より試料を採取し、土木学会標準「混和材として用いた高炉スラグ微粉末の置換率試験方法」に準じ測定した。スラグ置換率は、同一材料でスラグ量を変えたモルタルを用いて、別に検量線を作成してスラグ量を換算した。

c)メリライト法：③より採取した試料の $74 \mu\text{m}$ ふるい通過分を、カルシウムアセトナトリウム溶液で溶解し、その残分を、 850°C ・15分の焼成と徐冷を2度繰り返した後、X線解析をおこなった。これは高温処理することによりガラス質の未水とスラグをメリライト結晶化し、そのX線解析のピーク高さを比較して均等性を評価した。

d)SEM法：①③⑤より採取した試料を5mmふるいでふるったモルタルを試験管中に密封し、 20°C 恒温室内で養生後、材令28日の試料について、電子顕微鏡観察を行い、スラグの分散状態を評価した。

e)EPMA法：NiO粉末混合スラグを用いたコンクリートについて、①③⑤⑥⑧⑩より試料を採取し 20°C の恒温室内で養生した後、材令28日でEPMA観察を行い、NiO粉末の分散状態を評価した。

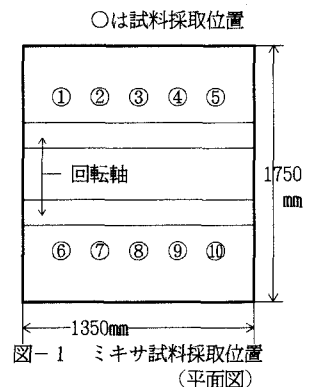


図-1 ミキサ試料採取位置
(平面図)

3. 試験結果

表-1 圧縮強度試験結果（材令28日、単位kgf/cm²）

a) 圧縮強度：材令28日の圧縮強度を表-1に、練り混ぜ時間90秒の場合のBBとN+Sの結果を図-2に示す。採取位置による顕著な差は認められなかった。また同一練り混ぜ時間における、BBとN+Sの平均値の差の検定を行ったが、危険率5%で有意差はなかった。

配合-練り混ぜ時間	試料採取位置										平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N-90	600	586	598	607	602	568	621	573	597	588	594
BB-90	581	609	596	581	556	602	598	593	606	595	592
N+S-90	579	588	547	598	573	568	600	582	588	579	580
BB-60	574	551	590	561	578	569	579	578	554	554	569
N+S-60	553	564	581	588	586	574	564	539	573	553	568
N+S-180	591	598	588	572	570	537	607	568	577	582	582

b) 溶解法：各採取位置の換算スラグ置換率及び変動係数を表-2に示す。スラグ量が51~54%と多くなっているのは、検量線作成時より本試験時の方が、細骨材中の微粉量が多くなったためと考えられる。同一練り混ぜ時間のBBとN+Sのスラグ置換率について、各試料採取位置間のバラツキの検定及び平均値の差の検定を行ったが、いずれも危険率5%で有意差は認められなかった。

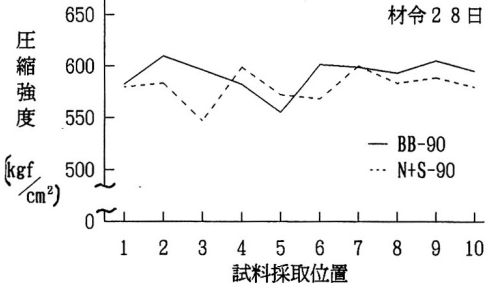


図-2 各試料採取位置の圧縮強度

c) メリライト法：試料のX線回折図を図-3に示す。

表-2 溶解法によるスラグ置換率 単位(%)

2θ=31.2°のメリライトのピークはNでは見られないのに対し、BB及びN+Sでは顕著であり、両者のピーク高さに大きな差は認められない。

配合-練り混ぜ時間	採取位置						平均値	変動係数
	1	3	5	6	8	10		
BB-90	52.7	55.0	52.5	51.4	53.9	53.9	53.2	2.2
N+S-90	53.8	54.2	54.6	53.7	54.9	54.7	54.3	0.8
BB-60	50.7	51.6	54.5	53.8	53.1	51.9	52.6	2.5
N+S-60	51.2	52.3	52.0	51.1	50.7	51.1	51.4	1.1
N+S-180	53.7	54.1	54.5	54.7	52.9	54.7	54.1	1.2

d) SEM法：電子顕微鏡写真を写真-1に示す。散在する白色部分が未水和スラグで、よく分散していると考えられる。

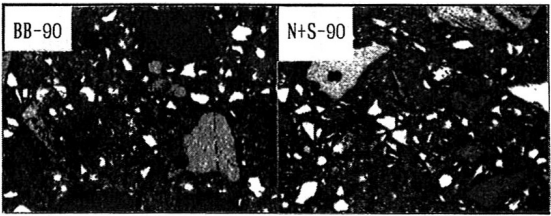


写真-1 モルタル面の電子顕微鏡写真 (X100 100μm)

e) EPMA法：写真-2は、N+S+Niコンクリート切断面のEPMA写真で、NiOの分散状態を示している。スラグ中に前混合したNiO粉末がコンクリート中に良く分散していることが分かる。

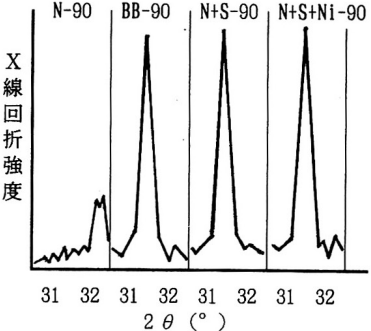


図-3 X線回折図

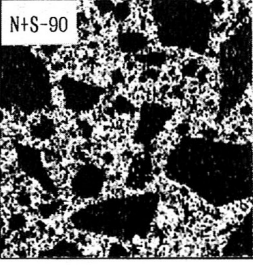


写真-2 EPMAによるNiOの分散状態

4. まとめ
高性能減水剤を用いた、低スランプで比較的高強度のコンクリートについて、セメントとスラグをコンクリートプラントのミキサを用いて練り混ぜ、各種の方法で均等性を調べた結果、いずれの方法でもほぼ均等質なコンクリートが得られることを確認した。

本研究を行うにあたり、東京大学生産技術研究所第5部小林一輔教授のご指導をいただきましたので、ここに感謝の意を表します。

【参考文献】
1) 沼田ら、高炉スラグ微粉末コンクリートの練り混ぜ性状と品質管理について、高炉スラグ微粉末のコンクリートへの適用に関するシンポジウム、1987.3、pp17.