

九州工業大学 正会員 出光 隆
 〃 学生員 〇村田 佳奈
 〃 学生員 竹田 宣典

1. まえがき

我国では、年間約千万七の転炉スラグが排出されており、これを再利用する動きが省資源・省エネルギー政策とともに高まってきている。筆者らは数年来の基礎研究により、未だ有効に利用されていないこの転炉スラグを用いてポルトランドセメントレスの結合材が得られることを明らかにした。本年度は、実用化を図る際問題となる、転炉スラグの品質のばらつきがモルタルの諸性質に与える影響について検討し、その結果を考慮して、転炉スラグコンクリートの配合設計の改善を試みた。

2. 使用材料

転炉スラグ結合材は、徐冷後、磁選工程を経た転炉スラグ（略称：CS、最大寸法 3mm ）、微粉末水砕（略称：BS、比重 2.92 、粉末度 3750mg/g ）、二水石膏（略称：GY、比重 2.06 ）、および塩化カルシウム（略称：CL、比重 2.39 ）から成っている。なお、転炉スラグの季節的变化および日変化を調べるために、暑期（7月、 30°C 以上）温暖期（10月、約 20°C ）、寒期（1月、 10°C 以下）の3期について、各々10日間連続の計30個の試料を採取し、それぞれについてモルタル試験を行なった。

3. 転炉スラグの品質のばらつきとモルタルの諸性質

3-1 物理的性質の変化とモルタルの諸性質

このことについては文献1)に報告しているが、その概要は以下のである。

1). 絶乾比重は $3.3\sim 3.5$ 、単位体積重量は $1800\sim 2150\text{kg/m}^3$ 、微粉量（ 0.15mm 以下）の重量パーセントは $14\sim 31\%$ 、細骨材分のF.M.は $2.5\sim 3.1$ であった。

2). モルタルの圧縮強度は転炉スラグ中の微粉量とかなり高い相関を示した。（図-1）

3-2 化学成分の変化とモルタルの諸性質

表-1に、各期における化学分析結果を示す。気温の低下とともに、CaOは減少し、 SiO_2 、 Al_2O_3 は増加している。高炉スラグの場合と同様に塩基度を求めてみると、その値

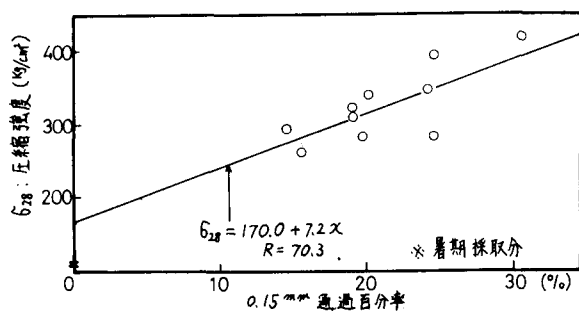


図-1 微粉量（ 0.15mm 以下）と圧縮強度の関係

表-1 転炉スラグの化学分析結果

No.	CaO	SiO_2	T.Fe	FeO	Fe_2O_3	MnO	MgO	T.S	Al_2O_3	P_2O_5	f.CaO
1	47.2	15.0	15.8	7.38	12.1	4.46	5.89	0.069	2.18	1.68	7.02
2	51.6	12.6	14.9	6.20	12.4	4.52	5.64	0.074	1.17	1.88	9.00
3	48.5	12.5	16.0	6.93	13.0	4.39	6.64	0.068	1.55	1.80	8.44
4	49.4	12.5	16.4	5.46	15.7	4.34	6.22	0.067	1.05	1.92	7.78
5	48.0	12.4	17.2	8.04	13.1	4.28	6.29	0.083	1.66	1.85	7.12
6	47.2	12.4	17.1	7.45	13.8	4.40	6.45	0.081	1.70	1.81	7.78
7	48.6	12.7	16.0	7.08	12.7	4.39	6.25	0.066	1.67	1.71	8.92
8	49.6	12.3	16.5	8.04	12.2	4.42	6.14	0.076	1.38	1.84	7.76
9	48.1	12.0	18.1	7.38	15.3	4.37	5.94	0.086	1.44	1.89	7.64
10	47.4	11.9	19.4	8.26	15.9	4.32	5.70	0.080	1.17	1.94	6.02
X	48.5	12.6	16.4	7.22	13.6	4.39	6.12	0.075	1.50	1.83	7.75

No.	CaO	SiO_2	T.Fe	FeO	Fe_2O_3	MnO	MgO	T.S	Al_2O_3	P_2O_5	f.CaO
1	46.4	13.7	16.2	5.88	12.9	4.24	5.66	0.058	1.87	1.58	6.66
2	46.3	12.9	15.8	5.88	12.1	4.32	5.88	0.051	1.66	1.67	8.48
3	46.1	13.1	17.5	5.73	15.0	4.47	6.32	0.058	1.53	1.72	6.90
4	46.2	13.0	17.7	5.58	15.5	4.32	6.72	0.051	1.82	1.59	6.36
5	45.0	13.9	16.7	5.73	14.2	4.39	6.36	0.051	2.17	1.58	5.71
6	48.0	12.5	16.5	6.33	13.4	4.30	5.92	0.058	1.41	1.67	6.66
7	45.6	14.3	14.9	6.33	11.2	4.40	6.55	0.071	2.77	1.49	7.45
8	44.9	13.2	17.3	6.48	14.7	4.18	6.65	0.064	1.96	1.54	8.09
9	44.9	13.2	17.4	6.48	15.3	4.20	6.75	0.071	1.86	1.53	7.69
10	46.1	13.2	17.3	6.78	14.4	4.32	6.74	0.064	2.00	1.53	7.71
X	45.8	13.3	16.7	6.12	13.9	4.31	6.36	0.060	1.91	1.59	7.17

No.	CaO	SiO_2	T.Fe	FeO	Fe_2O_3	MnO	MgO	T.S	Al_2O_3	P_2O_5	f.CaO
1	45.6	13.0	16.6	4.54	15.7	4.64	5.01	0.081	1.50	1.66	4.56
2	47.6	14.3	13.6	6.67	8.5	5.06	4.28	0.075	2.56	1.68	7.60
3	44.2	14.1	15.4	4.68	13.3	4.56	5.27	0.081	3.10	1.46	6.00
4	46.3	12.3	16.8	6.39	13.3	4.80	4.77	0.068	1.07	1.67	6.30
5	42.2	15.0	15.2	5.82	12.5	4.42	5.64	0.075	3.94	1.42	4.40
6	44.3	12.4	18.5	5.53	16.9	4.32	4.94	0.062	1.58	1.59	3.72
7	45.1	13.0	17.5	7.66	13.9	4.32	4.54	0.075	2.10	1.59	4.58
8	43.0	14.9	14.5	5.11	11.6	4.47	5.76	0.081	3.74	1.37	4.08
9	40.6	18.3	9.9	3.97	6.4	4.50	6.84	0.081	7.26	1.01	4.08
10	44.1	13.4	16.7	5.68	14.1	4.44	5.50	0.081	2.72	1.54	4.22
X	44.3	14.1	15.6	5.61	12.6	4.55	5.26	0.076	2.96	1.50	4.95

は気温の低下とともに小さくなる。高炉スラグでは塩基度が小さくなるにつれて強度は小さくなるが、本実験の転炉スラグでは逆に増加する傾向を示した。図-2に、 CaO 、 Al_2O_3 と圧縮強度の関係を示すが、これからは化学成分と圧縮強度の間には相関がみられない。図-3に $f\cdot\text{CaO}$ と膨張ひずみの関係を示す。一般に転炉スラグの膨張崩壊の主要因は、 $f\cdot\text{CaO}$ と考えられているが、同図からは、 $f\cdot\text{CaO}$ とモルタル膨張ひずみには相関はみられず、このことから膨張の主要因は、エトリンジヤイト系のゲルによるものではないかと考えられる。以上の結果から判断すると、転炉スラグの品質にばらつきがある場合、化学的性質よりも物理的性質の方がモルタルに与える影響が大きいためである。

5. 転炉スラグコンクリートの配合設計の改善について

従来の方法では、転炉スラグをセメント分(0.15以下)と細骨材分に分けなかったため、水セメント比と単位水量を決めると、コンクリートの各成分が全て決まってしまう。適切な細骨材率で配合設計を行なうことが不可能であった。今回のモルタル試験の結果、転炉スラグ中の微粉量のばらつきがモルタルのワーカビリティ、強度に影響することがわかったため、これをコンクリートに用いる場合、細骨材分とセメント分を分離して取り扱うことにした。しかしながら、磁選工程を経た転炉スラグをそのまま用いることが当初の考えであり、経済的メリットも大きいので、転炉スラグはフルイ分けをすることなくそのまま用い、不足する細骨材分は砂で補充し細骨材率(以下 S/a と略す)を増加させることによってワーカビリティの改善を試みた。図-4に、その結果を示す。 S/a が徐々に大きくなると次第にスランプ、フロー値とも良好となり、コンシステンシーが最適なところで、極大値をとる。また、ブリージング率は S/a の増加とともに大きく低下し、ある S/a 以上になるとほぼ一定値に収束する傾向がある。さらに、空気量は S/a の増加とともにほぼ直線的に増加することがわかった。本コンクリートのように、ブリージングが大きい場合は、最適 S/a を決める際にスランプだけでなく、ブリージング率、空気量も考慮に入れて多少大きめに決める方がよい。なお、最適 S/a 近傍のフロー値は安定しておりコンシステンシーのみならずプラスチシティーも良好であることがわかる。以上より、スランプ4cm・20cmに対し、それぞれ最適 $S/a=45\%$ 、 55% が決まり、それらのコンクリートからは、各々適当なワーカビリティが得られた。

謝辞：本実験に御協力を賜った、新日本製鉄(株)長尾由一氏に深謝の意を表します。

〈参考文献〉 1). 出光、高山、岡：ポルトランドセメントレス転炉スラグ系セメントモルタルの実用化に関する研究、第4回JCI講演論文集 1982.6

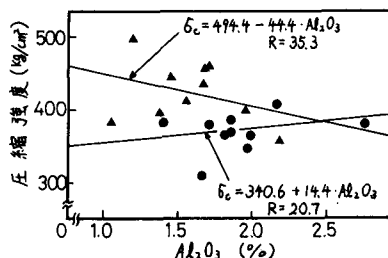
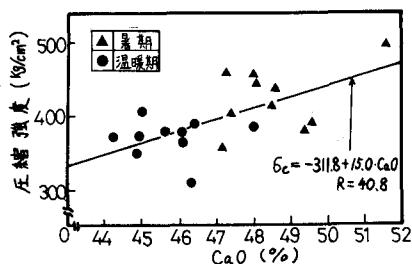


図-2 CaO ・ Al_2O_3 と圧縮強度の関係

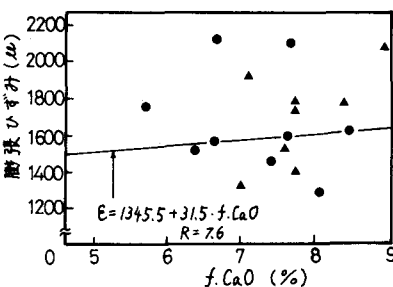
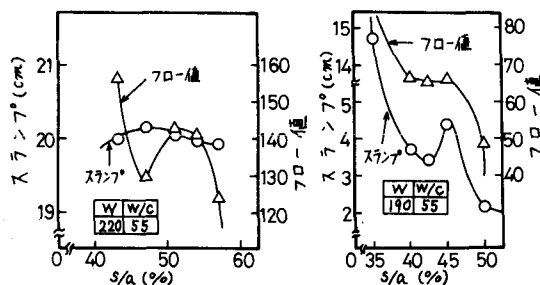
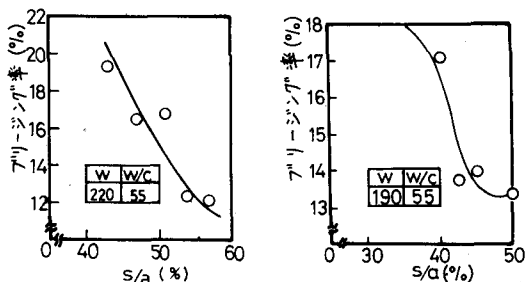


図-3 $f\cdot\text{CaO}$ と膨張ひずみの関係



(a) S/a とスランプ・70-値の関係

(a') S/a とスランプ・70-値の関係



(b) S/a とブリージング率の関係

(b') S/a とブリージング率の関係

図-4 S/a と諸測定値の関係