

## 我が国の普通ポルトランドセメントの品質に関する調査(1)

## ——セメントの物理的諸性質およびアルカリ量——

## An Investigation on the Properties of Ordinary Portland Cement in Japan(1)

小林一輔\*・魚本健人\*・小倉盛衛\*

Kazusuke KOBAYASHI, Taketo UOMOTO and Morie OGURA

## 1. は し が き

我が国で市販されている普通ポルトランドセメントの品質が、製造工場によってどの程度の差があるかを把握するため、全国で稼働中の約50工場のうち、年間生産量が150万トン以上の主力工場21工場の製品を対象とし、その品質を調査したものである。なお、本調査は当研究所の「コンクリート構造物劣化機構研究委員会」が中心となって実施したものである。

現在、我が国では21社のセメントメーカーがあり、セメントの販売は、これらの会社が出資会社となっている5社の共同販売会社を通じて行われている。そこで、調査の対象としたセメント工場も、各共同販売会社の出資会社であるメーカーの工場がそれぞれ3~5工場含まれるよう考慮して選定した(表-1参照)。このために、年間生産量が、150万トンを下まわる工場も若干含まれている。

各工場のセメントの試料は、昭和59年12月より昭和60年1月にかけて収集したので、ある一定の時点における我が国の工場ごとのセメントの品質を調べたことになる。試料は、実際の構造物に使用されたセメント中よりこれを採取した。

## 2. 実 験 概 要

試験は表-1に示した21種のセメントについて次の2シリーズに分けて実施した。

○第1シリーズ……セメントの品質試験

○第2シリーズ……コンクリートの品質試験

なお、本稿では第1シリーズのセメント品質試験のみについて記述する。

セメントの品質試験は、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」およびJIS R 5202「ポルトランドセメント」に規定されている項目について実施した。また、近年問題となっているセメント中のアルカリ量についても

調査することとし、 $\text{Na}_2\text{O}$ および $\text{K}_2\text{O}$ についても化学分析を行った。

## 3. セメントの品質試験結果

セメント工場別に、その主要な試験結果を表-1にまとめて示す。

表-1から明らかのように、セメントの品質はいずれもJIS規格値を満足している。しかし、項目別に見ると21種のセメントの品質にはかなりのバラツキが認められる。

## (1) セメントの比重

セメント比重の規定値に関しては、昭和48年のJIS改正によって削除され、現行のJISには規定値が示されていないが、今回の試験結果では3.12~3.18の範囲に分布し、平均は3.15である。

## (2) セメントの粉末度

セメントの粉末度に関しては、JIS規格では比表面積で $2500\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上と規定されている。今回の試験結果では、 $2940\text{ cm}^2/\text{g}$ ~ $3660\text{ cm}^2/\text{g}$ の範囲に分布し、平均値は $3290\text{ cm}^2/\text{g}$ である。この値をJISの規格値と比べると、早強ポルトランドセメントの $3300\text{ cm}^2/\text{g}$ とほぼ同じであり、やや大きな値であるといえよう。

## (3) 圧縮強さ

モルタル試験によるセメントの圧縮強さは、どの材令においてもJIS規格を満足している。しかし、そのバラツキははなはだ大きく、材令3日では $118\text{ kg}/\text{cm}^2$ ~ $175\text{ kg}/\text{cm}^2$ 、材令7日では $206\text{ kg}/\text{cm}^2$ ~ $321\text{ kg}/\text{cm}^2$ 、材令28日では $353\text{ kg}/\text{cm}^2$ ~ $497\text{ kg}/\text{cm}^2$ の範囲となっている。単純にこれらの値を比較することはできないが、平均値で変動幅を除いた変動率を求めると次のようになる。

材令3日……平均値 $155\text{ kg}/\text{cm}^2$ 、変動率36.8%  
(±18.4%)

\* 東京大学生産技術研究所 第5部

材令 7 日……平均値 272 kg/cm<sup>2</sup>, 変動率 42.3%  
(±21.1%)

材令 28 日……平均値 429 kg/cm<sup>2</sup>, 変動率 33.6%  
(±16.8%)

(4) セメントのアルカリ量

セメントのアルカリ量に関しては, JIS に規定値が示されていないが, Na<sub>2</sub>O に換算 (Na<sub>2</sub>O+0.658 K<sub>2</sub>O) すると, その値は 0.50%~1.08% の範囲に分布し, 平均は 0.73% であった。また, 一般に K<sub>2</sub>O は Na<sub>2</sub>O に比べ少ないといわれているが, 本調査の結果では, Na<sub>2</sub>O が 0.18%~0.60% (平均 0.37%) の範囲であるのに対し, K<sub>2</sub>O は 0.32%~0.84% (平均 0.56%) となっている。Na<sub>2</sub>O に換算しても K<sub>2</sub>O の量は Na<sub>2</sub>O 量にほぼ匹敵する値である。

4. セメント品質のバラツキ

表-1 の結果からも, セメントの品質にはかなりのバラツキがあることが明らかであるが, どのようなバラツキを示しているかを調べるために圧縮強さおよびアルカリ

量について, 各点を正規確率紙にプロットしたものを, 図-1 および図-2 に示す。

図-1 は材令 3 日および材令 28 日の圧縮強さを示した

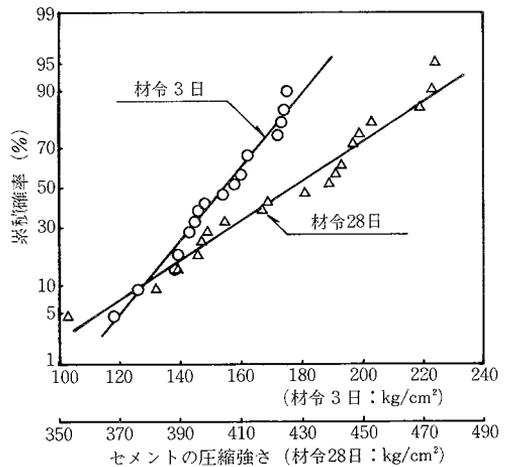


図-1 セメント圧縮強さの分布

表-1 普通ポルトランドセメントの品質試験結果

セメント 共同事業 会社番号	セメント 工場番号	物 理 試 験							化 学 分 析						
		比重	比表面積 cm <sup>2</sup> /g	凝結	h-m	安定性	フロ ー値 mm	圧縮強さ kg/cm <sup>2</sup>			強熱 減量 %	SO <sub>3</sub> %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	R <sub>2</sub> O %
				始発	終結			3 日	7 日	28 日					
	JIS 規格値	—	2500 以上	60m 以上	10h 以下	良	—	70 以上	150 以上	300 以上	3.0 以下	3.0 以下	—	—	—
I	A	3.14	3190	2-02	3-10	良	240	154	290	449	1.4	2.1	0.58	0.64	1.00
	B	3.14	3280	2-30	3-59	良	230	175	305	469	1.2	2.1	0.18	0.68	0.63
	C	3.15	3250	2-16	3-29	良	228	146	259	447	0.8	2.2	0.30	0.64	0.72
	O	3.14	3620	2-07	3-10	良	241	172	294	441	0.8	1.9	0.38	0.60	0.77
	R	3.14	3260	3-07	4-05	良	243	162	300	473	0.6	1.8	0.43	0.58	0.81
II	D	3.14	3290	3-30	4-44	良	250	173	305	443	1.3	2.2	0.54	0.53	0.89
	E	3.14	3400	3-10	4-20	良	226	174	319	474	0.5	2.2	0.53	0.50	0.86
	F	3.16	3120	3-21	4-03	良	246	158	288	453	0.6	1.9	0.20	0.51	0.54
	P	3.18	2940	2-42	3-40	良	244	118	229	405	0.4	1.7	0.21	0.44	0.50
III	H	3.14	3240	2-48	4-37	良	238	145	273	431	0.7	1.9	0.24	0.54	0.60
	I	3.16	3340	2-07	3-25	良	244	126	238	399	0.5	1.9	0.41	0.42	0.69
	G	3.17	3460	2-14	3-16	良	242	175	321	497	1.2	2.2	0.28	0.54	0.64
	K	3.14	3220	2-37	3-48	良	244	143	247	397	1.3	1.8	0.38	0.84	0.93
	S	3.14	3340	2-44	3-20	良	246	162	247	389	1.2	1.8	0.28	0.46	0.58
IV	J	3.13	3120	3-02	4-27	良	246	138	237	396	0.8	2.0	0.28	0.63	0.69
	N	3.14	3340	2-20	3-32	良	232	172	290	417	0.4	2.2	0.60	0.73	1.08
	U	3.15	3100	3-08	4-58	良	239	139	214	382	0.7	2.0	0.34	0.32	0.55
V	L	3.15	3150	3-21	4-25	良	244	148	206	353	1.3	2.1	0.28	0.42	0.56
	Q	3.12	3660	3-01	4-15	良	240	175	311	419	1.8	1.9	0.46	0.54	0.82
	T	3.16	3430	2-28	4-07	良	232	160	288	443	1.0	2.1	0.40	0.49	0.72
	M	3.15	3320	2-43	4-35	良	246	139	255	439	0.6	1.8	0.38	0.62	0.79
平均		3.15	3290	2-44	3-58	良	240	155	272	429	0.91	1.99	0.37	0.56	0.73

研究速報

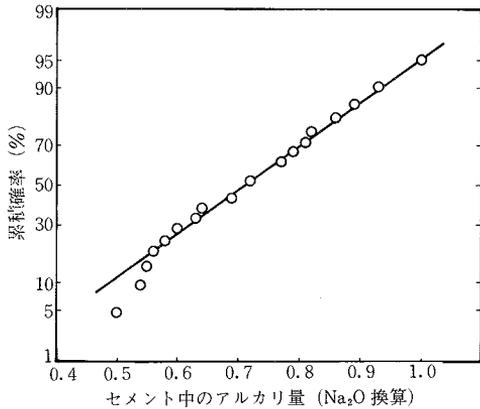


図-2 セメント中のアルカリ量の分布

ものである。材令7日の圧縮強さは、強度の違いこそあれ材令28日の圧縮強さとほぼ同じようなバラツキを示したため、図-1には特に示さなかった。

この図から明らかなように多少の変動はあるものの、いずれの材令においても圧縮強さは正規分布をしていると見てもさしつかえないものと考えられる。また、材令3日の圧縮強さのほうが標準偏差( $\sigma$ )は小さく、材令28日(または材令7日)の約1/2の値となっている。この図に示した直線から $3\sigma$ の範囲を求めると、材令7日で $105 \text{ kg/cm}^2$ から $205 \text{ kg/cm}^2$ 、材令28日で $330 \text{ kg/cm}^2$ から $510 \text{ kg/cm}^2$ となり、最小値でもJIS規格の $70 \text{ kg/cm}^2$ (材令3日)および $300 \text{ kg/cm}^2$ (材令28日)を満足できることになる。しかし、これらの結果からわかるように、材令3日では $100 \text{ kg/cm}^2$ 以上、材令28日では $180$

$\text{kg/cm}^2$ 以上の圧縮強さの違いが生じうることをも示しており、同じJIS規格適合品であってもかなり異なる強度のセメントが存在していることになる。

図-2は、セメント中のアルカリ量のバラツキを示したものである。この図からも明らかなように、0.55%以下のアルカリ量の少ない範囲ではやや異なる分布をしているものの、0.55%以上の範囲ではセメント中のアルカリ量の分布が正規分布を示している。

この結果をASTM規格等と比較すると、反応性骨材を用いる場合の上限値0.6%以下となるセメントは、30%未満であり、骨材との反応を生じやすいとされている0.85%以上のセメントが約20%存在している。特に、1.0%を越えるような高アルカリ含有セメントは5%程度存在することになる点が注目される。本研究で調査したセメントは、昭和59年12月から昭和60年1月の間に入手したセメントであるため一概に言うことはできないが、全国的な規模で見た場合、当時でもアルカリ骨材反応を生じさせうる条件はかなりあったものと推定される。

5. あとがき

本稿で示したように、今回行ったセメントの品質はすべてJIS規格に適合するものであったことが明らかとなったが、問題点として上げられることは主に次の2点である。

- ① セメント品質のバラツキが大きい。
- ② JIS規格では規定されていないアルカリ量のバラツキも大きく、0.6%以下となるものは30%未満、0.85%以上となるものは20%程度存在していたと予想される。(1985年11月25日受理)

