

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(3)

——コンクリートの乾燥収縮とセメントの品質——

An Investigation on the Properties of Ordinary Portland Cement in Japan(3)

小林 一 輔*・魚 本 健 人*・小 倉 盛 衛**
Kazusuke KOBAYASHI, Taketo UOMOTO and Morie OGURA

1. は し が き

本調査は、現在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目的で実施したものである。すでに、第1報および第2報で、セメントの物理的諸性質とアルカリ量¹⁾、フレッシュコンクリートの品質と圧縮強度²⁾について報告しているが、本報告は、コンクリートの乾燥収縮に及ぼすセメント品質の影響についてまとめたものである。

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」が中心になって実施したものである。

2. 実 験 概 要

試験は、表-2に示した21種類のセメントについて実施した。すでに、セメントの品質については報告済みであり¹⁾、本文では、これら21種類のセメントを用いた場合のコンクリートの乾燥収縮特性について報告する。

2.1 コンクリート材料と配合

セメントの品質は、第1報¹⁾で報告したとおりである。セメント以外の水、骨材、混和剤の品質は、第2報²⁾で報告したとおりである。

コンクリートの配合は、表-1に示した基準配合とし、空気量が $4 \pm 0.5\%$ の範囲となるようAE剤使用量だけを調節した。しかし、スランプについては特に制御せずに用いたため、スランプは前報で示したように7.6 cmから13.3 cmの範囲となった。

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位置量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE剤
55	43.4	12	4	170	309	786	1039	0.124

*東京大学生産技術研究所 第5部

**関東学院大学 工学部

2.2 試験方法

乾燥収縮に供した試験体は、10×10×40 cmの角柱である。練り上がり温度20±1℃のコンクリートを鋼製型枠内に打設後、20℃の湿空養生を施し、材令1日で脱型した。材令7日まで標準水中養生(20℃)し、基長、基準重量を測定した後、温度20±1℃、湿度50±5% R.H.の恒温恒湿室にて乾燥収縮試験を実施した。

乾燥による試験体の長さ変化はコンパレータ法により測定し、重量変化は最大ひょう量16 kg、感度1gの台ばかりにて測定した。試験値は、いずれも3本の試験体の平均値とした。なお、試験は材令52週(約1年)まで継続し、材令1, 2, 3, 4, 8, 13, 26, 52週で測定を行った。

3. コンクリートの乾燥収縮と重量変化

各種セメントを用いた場合に、コンクリートの乾燥収縮と重量変化がどのようになるかを示したものが表-2である。この表からも明らかなように、JIS規格に適合する普通ポルトランドセメントを用いた場合であっても、コンクリートの乾燥収縮ならびに重量変化はかなり異なっている。

3.1 乾燥収縮

表-2に示した各銘柄のセメントを用いたコンクリートの乾燥収縮率と乾燥期間との関係は、図-1に示すとおりである。この図から明らかなように、いずれの銘柄のセメントを用いた場合であってもほぼ同様な曲線を描いているが、同一乾燥期間において $100 \sim 180 \times 10^{-6}$ 程度の違いが存在する。

乾燥期間が8週程度までは、乾燥収縮率のバラツキが大きく、変動係数で11%(乾燥1週間)から8%(乾燥期間8週)となっている。乾燥期間が13週以降では、標準偏差が 40×10^{-6} 程度と一定になるため、変動係数も5%(乾燥期間52週)程度に減少する。すなわち、セメント銘柄の違いによる影響は、特に乾燥初期の段階で大

表-2 銘柄の異なるセメントを用いたコンクリートの乾燥収縮と重量変化

セメント 共同事業 会社番号	セメント 工場番号	乾燥収縮率(×10 ⁻⁶)								重量減少率(%)							
		1週	2週	3週	4週	8週	13週	26週	52週	1週	2週	3週	4週	8週	13週	26週	52週
I	A	243	317	390	449	588	669	737	831	1.91	2.27	2.47	2.61	2.95	3.17	3.37	3.61
	B	239	324	404	471	611	682	737	831	1.75	2.14	2.30	2.44	2.75	2.96	3.17	3.37
	C	264	379	491	565	702	764	796	882	2.40	2.81	3.03	3.15	3.43	3.58	3.71	3.88
	O	213	325	415	469	576	652	682	741	1.94	2.34	2.55	2.69	2.99	3.19	3.35	3.59
	R	211	315	401	474	610	698	742	833	1.82	2.23	2.45	2.58	2.87	3.05	3.20	3.41
II	D	219	291	384	446	575	658	708	803	1.65	1.98	2.20	2.33	2.68	2.90	3.13	3.42
	E	216	305	403	473	607	686	723	818	1.69	2.06	2.24	2.37	2.69	2.90	3.10	3.47
	F	226	309	413	477	637	705	717	822	1.97	2.36	2.56	2.70	2.99	3.17	3.32	3.52
	P	210	324	407	474	599	688	715	786	1.87	2.28	2.50	2.64	2.91	3.08	3.23	3.43
III	H	244	320	423	481	650	683	715	791	2.17	2.52	2.74	2.87	3.13	3.28	3.41	3.59
	I	236	314	411	481	628	693	728	813	1.99	2.32	2.53	2.66	2.95	3.13	3.29	3.49
	G	240	321	418	466	637	713	744	844	1.74	2.08	2.27	2.41	2.72	2.93	3.14	3.38
	K	228	319	416	496	629	673	721	799	2.11	2.48	2.68	2.81	3.09	3.25	3.40	3.58
IV	J	231	302	399	473	629	685	718	794	2.02	2.36	2.57	2.70	2.97	3.15	3.28	3.51
	N	238	355	447	507	609	703	748	831	1.89	2.20	2.40	2.52	2.83	3.03	3.22	3.47
	U	192	303	405	477	587	681	719	817	2.06	2.46	2.69	2.83	3.11	3.27	3.43	3.56
V	L	167	254	328	389	521	583	635	712	1.94	2.30	2.50	2.64	2.94	3.16	3.35	3.60
	Q	200	285	370	423	515	634	694	770	1.56	1.91	2.12	2.26	2.59	2.81	3.02	3.30
	T	209	302	381	451	581	698	748	855	1.55	1.93	2.17	2.33	2.66	2.89	3.11	3.39
	M	237	373	463	534	645	711	751	829	2.11	2.46	2.66	2.79	3.04	3.20	3.34	3.53
最大値		264	379	491	565	702	764	796	882	2.40	2.81	3.03	3.15	3.43	3.58	3.71	3.88
最小値		165	250	316	382	500	578	623	707	1.55	1.91	2.12	2.26	2.59	2.80	2.99	3.24
平均値		220	314	404	469	602	678	719	805	1.89	2.26	2.47	2.60	2.90	3.09	3.26	3.49
標準偏差		24.2	30.4	37.6	39.9	46.7	40.5	37.1	42.7	.217	.222	.224	.219	.201	.183	.160	.132

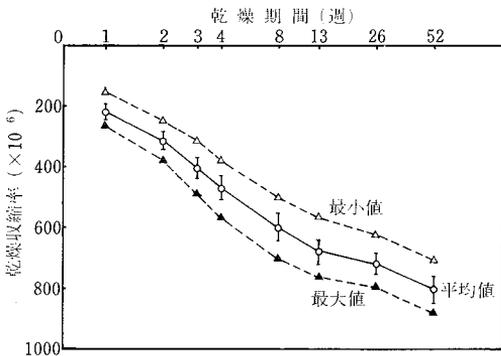


図-1 コンクリートの乾燥収縮

大きく、前報までで報告したコンクリートの各種特性に比べても大きいといえよう。

図-2は、乾燥期間1週の場合と26週の場合を正規確率紙にプロットしたものである。この2つの場合を比較すると、いくつかの銘柄をのぞけば、ほぼ一つの直線で近似することが可能であること、またこれらの直線の勾配はほぼ等しいことが認められる。このことは、特定の銘柄のセメントをのぞけば、コンクリートの乾燥収縮率がほぼ正規分布となっており、その標準偏差が等しいことを示している。

特異な結果を示したセメントは、フレッシュコンクリートのブリージングが極端に大きいもの(銘柄C)と非

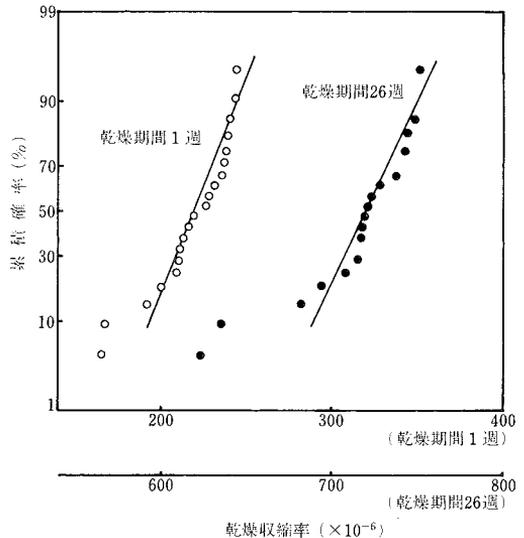


図-2 乾燥収縮率のパラツキ

常に少ないもの(銘柄L)に代表されている。すなわち、ブリージングが極端に大きかったセメントの場合には乾燥収縮率が小さく、ブリージングの小さな場合には乾燥収縮率が大きくなっている。これは、コンクリートのブリージングが大きかったものは、打設後コンクリートが硬化する前に水が分離したため、硬化後のセメントペー

研究速報
 スト分による乾燥収縮が減少したものと考えられる。また、ブリージングの少なかった場合には、その逆の現象が生じたものと考えられる。なお、粉末度が $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$ 以上のセメントの場合にも乾燥収縮は少なかったが、これらは他のセメントに比べより速くセメントが水和したためであると考えられる。

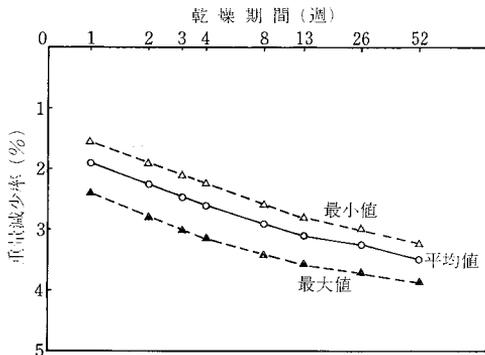


図-3 コンクリートの重量変化

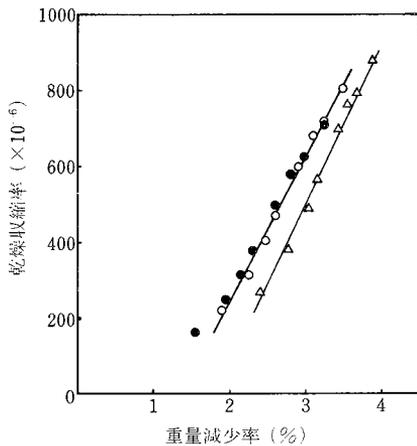


図-4 重量減少率と乾燥収縮率との関係

3.2 重量変化

乾燥に伴う試験体の重量減少率と乾燥期間との関係を図-3に示す。この図から明らかなように、重量減少率と乾燥期間(対数表示)との関係は、ほぼ直線で近似することができる。この傾向は、セメント銘柄のいかんを問わずほぼ同じであるが、同一乾燥期間において0.85%~0.64%程度の違いが存在する。

重量変化は乾燥収縮の場合と同様に、乾燥期間が8週程度までのバラツキが大きく、変動係数で11%から7%である。乾燥期間が13週以降では標準偏差も小さくなり0.2%以下となるため、変動係数も乾燥期間52週で4%未満となっている。

図-4は、乾燥収縮率と重量減少率との関係を示したものである。この図より、コンクリートの乾燥収縮率と重量減少率との関係は、重量減少率が2%以上では直線で近似することが可能である。この傾向はセメント銘柄のいかんを問わず同じで、乾燥収縮の大きい場合も小さい場合も約 $400 \times 10^{-6}/\%$ となっている。すなわち、乾燥収縮の大きなものは、乾燥初期の水分逸散が大きく、それに伴う収縮が大きいということが出来る。

4. あとがき

本調査で、ある時期における我が国のセメント品質のバラツキの一端が明らかとなった。本調査で明らかなように、JISに適合するセメントであっても、その品質はかなり異なっている。今後は、工場製品であるセメントの品質の規定を現在のように「~以上」または「~以下」という形でなく「~以上~以下」というように範囲を定めることについても検討することが望ましいと考えられる。

(1986年5月1日受理)

参考文献

- 1) 小林, 魚本, 小倉: 生産研究, Vol.38, No.2, 1986.2
- 2) 小林, 魚本, 小倉: 生産研究, Vol.38, No.5, 1986.5