

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 (2)

—フレッシュコンクリートの品質および

コンクリート圧縮強度とセメントの品質—

An Investigation on the Properties of Ordinary Portland Cement in Japan (2)

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報で、セメントの物理的諸性質とアルカリ量について報告しているが¹⁾、本報告は、フレッシュコンクリートの品質およびコンクリート圧縮強度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種のセメントについて実施した。第1シリーズはセメント品質のバラツキを調べ²⁾、第2シリーズは、各種セメントを用いた場合のコンクリート品質の変化を調べることを目的としている。本文では上記の第2シリーズのうち、フレッシュコンクリートの品質とコンクリート強度について報告する。

2.1 コンクリート材料

セメントの品質は、前報³⁾に報告したとおりである。

細骨材は、大井川産川砂で、比重2.62、吸水率1.42%、粗粒率2.74、単位容積質量1760 kg/m³、実績率68.1%、洗い損失1.3%で、有機不純物試験に合格している。

粗骨材は、最大寸法20mmの鉢地産碎石で、比重2.65、吸水率1.07%、粗粒率6.67、単位容積質量1,570 kg/m³、実績率59.9%で、洗い損失量は0.1%である。

水は水道水で、AE剤はポリオキシエチレン系活性剤である。

2.2 コンクリートの配合と試験

コンクリートの配合は、表-1に示す基本配合とし、空気量が4±0.5%の範囲となるようAE剤使用量だけを調節した。すなわち、表-1に示した水セメント比、細骨材率、空気量、単位水量等は一定に保ったが、スラン

プについては特に制御しなかった。

コンクリートは練り上がり温度を20±1℃とし、次に示すフレッシュコンクリートの品質について試験を行った。

- ①スランプ試験
- ②空気量試験
- ③単位重量試験
- ④コンクリート温度測定
- ⑤ブリージング試験

硬化コンクリートの品質に関しては、圧縮強度と乾燥収縮を取り上げたが、本報告では圧縮強度についてのみ報告する。

圧縮強度用試験体は、φ10×20 cmの円柱供試体で、材令3日、7日、28日、91日、180日に圧縮強度試験を実施した。試験体の養生方法は、標準水中養生(20±1℃)と外気水中養生(6.5℃~24.5℃)の2種類である。

3. コンクリートの品質

各種セメントを用いた場合に、コンクリートの品質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、コンクリートの品質はかなり変化している。

3.1 AE 剤使用量

実験概要でも述べたように、AE剤以外の材料の単位量を一定に保ち、空気量が4±0.5%となるようにAE剤量を調節したことから、AE剤使用量は各セメントの空気進行性の良否を示すものと考えて良い。しかし、連行された空気量は必ずしも一定でないことから、単位AE剤量当り連行空気量を指標として比較したものを表-2および図-1に示す。

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 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

研究速報

表-2 各種普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの諸特性

セメント 共同事業 会社番号	セメント 工場番号	フレッシュコンクリートの性質					圧縮強度 kg/cm ²						
		AE剤 使用量 %	空気量 %	空気連 行性	スラ ンプ cm	ブリー ジング cm ³ /cm ²	標準水中養生					現水養生	
							3日	7日	28日	91日	180日	28日	91日
I	A	0.03	4.4	147	12.1	0.200	155	249	375	419	440	341	440
	B	0.03	3.7	123	11.5	0.249	156	259	378	408	429	357	429
	C	0.045	3.9	87	7.6	0.179	122	211	363	422	458	323	458
	O	0.04	4.0	100	11.1	0.199	162	251	388	394	408	344	408
	R	0.04	4.0	100	11.0	0.253	159	245	400	420	452	341	452
II	D	0.04	4.2	105	9.9	0.255	164	266	371	411	451	346	451
	E	0.04	4.1	103	9.8	0.200	169	279	396	434	447	373	447
	F	0.04	3.8	95	10.4	0.297	153	256	386	407	438	360	438
	P	0.04	4.5	113	11.8	0.249	147	255	404	424	412	363	412
III	H	0.04	3.6	90	10.2	0.287	138	233	384	431	462	340	462
	I	0.04	3.6	90	9.1	0.206	146	237	362	428	447	326	447
	G	0.04	3.9	98	10.4	0.218	150	256	381	431	464	362	464
	K	0.04	4.5	113	12.0	0.281	122	230	353	443	447	323	447
	S	0.04	4.3	108	12.5	0.269	158	261	398	437	440	378	440
IV	J	0.04	4.0	100	13.3	0.247	141	226	373	410	438	325	438
	N	0.04	4.3	108	10.7	0.216	171	264	386	406	411	334	411
	U	0.04	4.5	113	11.8	0.253	154	221	389	415	444	326	444
V	L	0.02	4.5	225	13.0	0.348	139	210	361	445	427	302	427
	Q	0.04	4.1	103	12.0	0.202	175	278	387	409	423	373	423
	T	0.055	3.6	65	10.3	0.212	172	292	419	447	442	382	442
	M	0.04	4.4	110	11.1	0.275	138	231	394	426	437	343	437
平均		0.039	5.0	109	11.1	0.246	151	248	383	422	439	346	439
標準偏差		0.006	0.3	30	1.3	0.041	14.3	20.7	15.1	14.0	15.5	20.8	15.5
最大		0.055	4.5	225	13.3	0.348	175	210	419	447	464	382	464
最小		0.02	3.6	65	3.6	0.179	122	292	353	394	408	302	408

注1) AE 剤使用量：セメント重量に対する重量百分率
 注2) 空気連行性：空気量÷AE 剤使用量

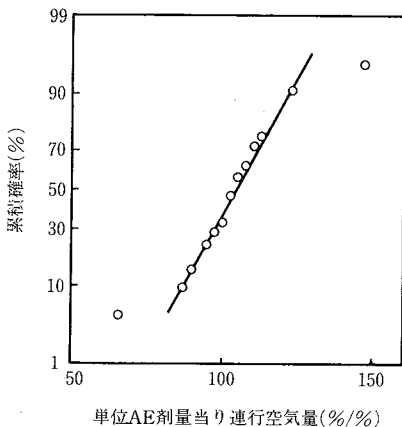


図-1 単位AE 剤量当り連行空気量(空気連行性)の分布

これらの表および図より、セメント銘柄A, L, Tをのぞけば、単位AE 剤量当り連行空気量は正規分布を示している。これらの平均値(μ)は103%%で、標準偏差(σ)9.3%%を考慮に入れると、銘柄A, L, T以外

のセメントの場合には変動係数(σ/μ)が9.0%となる。しかし、たとえば銘柄LやTは、他のセメントに比べ空気連行性が極端に異なっており、LではAE 剤量を他の1/2に、Tでは1.6倍とする必要がある。

3.2 スランプ

コンクリートの配合を一定に保ち(AE 剤量はのぞく)、空気量をほぼ一定にした場合のスランプは、7.6 cm から13.3 cm の範囲となった。図-2 に示すように、スランプは、銘柄Cをのぞけばほぼ正規分布を示しており、平均11.2 cm、標準偏差1.1 cmである。これらの値から変動係数を求めると、9.8%となり、単位AE 剤量当り連行空気量の場合と同程度のバラツキであると言えよう。

3.3 単位重量

コンクリートの単位重量は、ほぼ正規分布となっており、平均2,312 kg/m³、標準偏差6.8 kg/m³と、今回行った試験の中で最も小さな変動係数(0.3%)となった。これは、コンクリートの品質の中で、単位質量はセメントの品質による影響を最も受けにくいものであるため

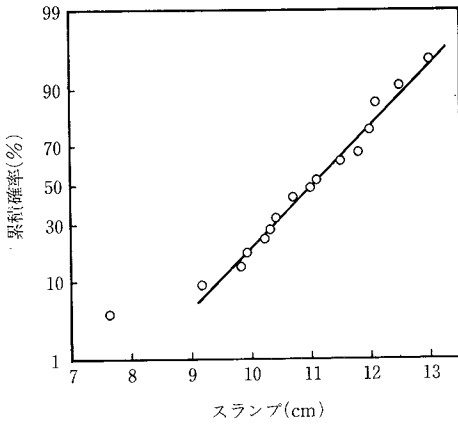


図-2 スランプの分布

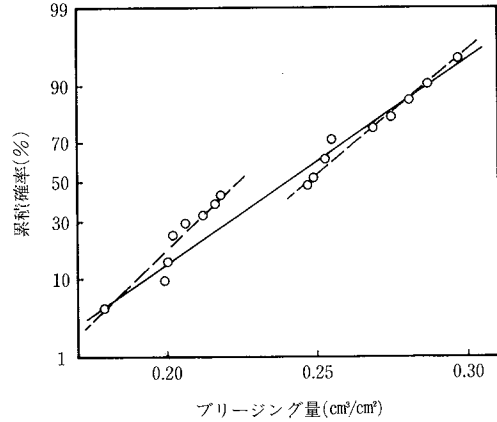


図-3 ブリージング量の分布

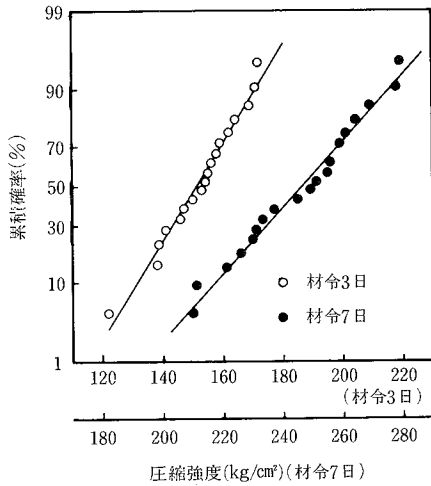


図-4 圧縮強度の分布 (材令 3 日および 7 日)

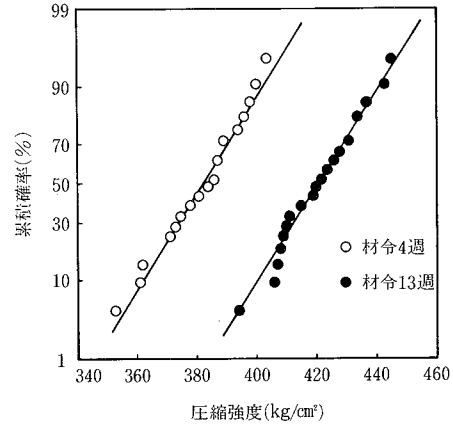


図-5 圧縮強度の分布 (材令 4 週および 13 週)

ある。なお、表-1に示した配合表から計算で求められた単位体積重量の値 $2,305 \text{ kg/m}^3$ と比較すると若干大きな値になっているが、打設時の分離による影響であると考えられる。

3.4 ブリージング

ブリージング量は、 $0.179 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ から $0.348 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ の範囲にばらついているだけでなく、今まで述べた AE 剤量、スランプ、単位体積質量とやや異なったバラツキを示している。図-3 を見ても明らかのように、試験結果を正規確率紙にプロットすると、マクロ的には全体を直線で近似することができても、ミクロに見ると 2 本の直線で表示することも可能である。すなわち、図-3 に示すように、ブリージングが $0.22 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 未満のグループと、約 $0.25 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 以上のグループとに分けることができる。

これらの各グループに属するセメントの品質と、このブリージングの結果を比較すると、ブリージング $0.22 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 以下のグループに属するセメントは、いずれも粉末度が高いか始発までの時間が短いセメントである。ここに示した結果だけでは明確なことを言えないが、ブリージングはセメント品質の影響が複合化されて表れていると考えられよう。

全試験値の平均が $0.246 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 、標準偏差 $0.041 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ であることから変動係数は 16.7% となり他の品質に比べ約 2 倍のバラツキを示している。

3.5 圧縮強度 (標準養生)

標準水中養生を行った場合のコンクリート圧縮強度は材令のいかんを問わず、ほぼ正規分布となっている。図-4 および図-5 から明らかのように、材令が経過するにつれ、標準偏差そのものも若干変化するが、標準偏差は材令 3 日より 7 日のほうが大きく、材令 28 日以降の標準偏差は材令 3 日とほぼ同じである。すなわち、標準偏

研究速報

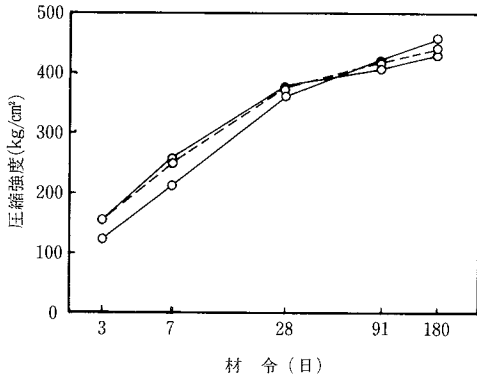


図-6 圧縮強度と材令の関係

差が最も大きくなったのは材令7日である。この原因の1つとして、図-6に示すように材令7日はまだコンクリート強度が急激に増大している段階であり、セメントの品質による影響を受けやすいことがあげられよう。

一方、圧縮強度のバラツキを変動係数で表すと、材令3日で9.5%、7日で8.3%、28日で3.9%、91日で3.3%、180日で3.5%と、材令の経過とともに減少し、材令91日以降はほぼ一定となる。これは、強度が増大するにもかかわらず標準偏差がほぼ一定であるために生じる現象である。この結果をセメント圧縮強さの結果¹⁾と比べると、材令28日までのセメント圧縮強さに比べて、コンクリート圧縮強度のバラツキは小さくなっている。今回の実験においては、コンクリートに一定量の空気を連行させているが、このことも原因の1つと考えられる。

図-7は、セメント圧縮強さとコンクリート圧縮強度との対応を調べたもので、材令28日までの範囲では次式で表示しうる。

$$\sigma_c = k \sigma_M$$

ただし、 σ_c : コンクリート圧縮強度

σ_M : セメント圧縮強さ (JIS R 5201)

k : 定数

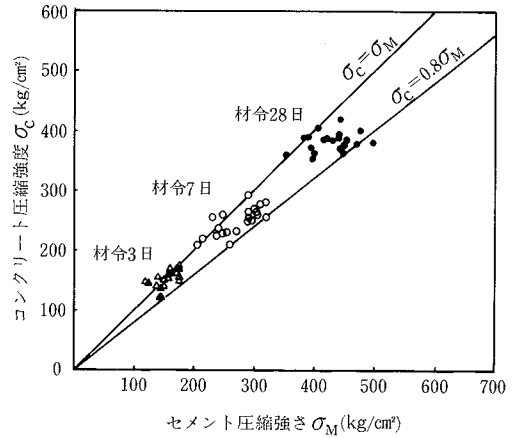


図-7 セメント圧縮強さとコンクリート圧縮強度

この式における定数 k を実測データから求めると、ほとんどのセメントにおいて1.0~0.8の範囲となっており、特定の銘柄のセメントだけの特徴ではない。このことは、もし高い強度のセメントを入手すれば、それだけコンクリートの単位セメント量を減少しうることになり、水セメント比の増大へと結びつく危険性を有している²⁾と言える。

4. あとがき

本文では、銘柄の異なるセメントを用いた場合のフレッシュコンクリートの品質および圧縮強度のバラツキについて報告したが、次報では乾燥収縮に関する試験結果を報告する予定である。 (1986年3月25日受理)

参考文献

- 1) 小林, 魚本, 小倉: 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), 生産研究, Vol.38, No.2, 1986.2
- 2) 小林一輔: コンクリート構造物の早期劣化とセメントの品質, 土木学会論文集, 第354号, V-2, 1985.2