

セメント中のアルカリ硫酸塩がコンクリートの諸性状に及ぼす影響 (I) ——フレッシュコンクリートの諸性状に及ぼすアルカリ硫酸塩の影響——

The Effects of Alkali Sulfate in Cement on the Properties of Concrete (I)

——Properties of Fresh Concrete——

小林 一 輔*・小 倉 盛 衛**・星 野 富 夫*
Kazusuke KOBAYASHI, Morie OGURA and Tomio HOSHINO

1. は し が き

アルカリ含有量の多いセメントを使用したコンクリートはただ単にアルカリ骨材反応の引金になるのみでなく、異常凝結や材令 28 日以降の強度低下など種々の問題をひきおこす可能性のあることはすでに数多くの研究者によって指摘されており、また筆者らもアルカリ硫酸塩を添加したモルタルのシミュレーション実験によってこれを確認している¹⁾。

本研究はセメント中のアルカリ硫酸塩がコンクリートの諸性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実施したもので、本文はその第 1 報として、セメント中のアルカリ硫酸塩がフレッシュコンクリートの諸性状に及ぼす影響に関する検討結果をとりまとめたものである。なお、1 部の実験では高炉水砕スラグの微粉末を使用した。

2. 各材料の性質およびコンクリートの配合

添加物を加えないベースセメントとしての普通ポルトランドセメントの化学分析結果は表-1 のようであり、これらは市販の標準的なセメントの化学成分量とほぼ一致している。

セメントに添加した硫酸カリウム (K_2SO_4) の水準はセメント重量に対してそれぞれ 0, 1, 3, 5 および 10 % としたが、これを K_2O 量に換算するとそれぞれ 0, 0.54, 1.62, 2.70 および 5.40 % となる。

細骨材は川砂であり、比重 2.64, 吸水率 1.01 %, 粗粒

率 3.04 のものである。粗骨材は硬質砂岩の碎石であって、最大骨材寸法 20 mm, 比重 2.70, 吸水率 0.63 % のものである。

高炉水砕スラグ微粉末はガラス化率 95 %, 塩基度 1.84, 粉末度がブレン値で $3770 \text{ cm}^2/\text{g}$ のものを使用した。

コンクリートの配合は水セメント比が 40, 55, および 70 % の 3 種とし、それぞれの水セメント比において、 K_2SO_4 の添加率が 0 % のものを基準配合とした。

3. 実験結果および考察

(1) アルカリ硫酸塩がコンクリートのブリージングに及ぼす影響

図-1 は JIS A 1123 に準じて測定したブリージング試験結果であって、ブリージングがほとんど終了した測定開始 3 時間後のブリージング率と硫酸カリウム添加率との関係を示している。

全般的な傾向として、硫酸カリウムの添加量が増加するとブリージングは急激に減少しており、この傾向はとくに水セメント比が大きくなるほど顕著である。セメント中のアルカリ硫酸塩は化学的界面水の量を著しく多くして²⁾液相中の自由水を多量に消費し、ブリージング率を著しく減少させる原因となっているものと推測される。

セメントペーストのブリージング率はポルトランドセメント中の水溶性アルカリの増大とともに減少する³⁾とされているが、図-1 はこれらの結果とよく対応している。

表-1 セメントの化学成分 (%)

種 類	ig. loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	R ₂ O
普通ポルトランドセメント	1.66	0.09	21.95	4.73	3.33	63.46	1.90	1.79	0.23	0.46	0.53

* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

** 関東学院大学 工学部

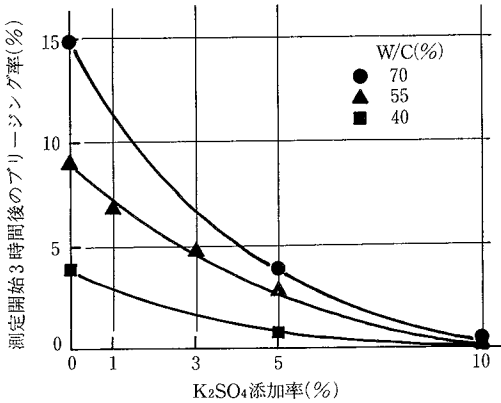


図-1 K₂SO₄の添加がフリージング率に及ぼす影響

(2) アルカリ硫酸塩がコンクリートの凝結速度に及ぼす影響

図-2は ASTM C-403 のプロクター貫入抵抗試験により求めたコンクリートの凝結速度と硫酸カリウム添加量との関係を示したものである。この図によれば、凝結時間は K₂SO₄の添加率の増加にほぼ反比例して短縮されており、水セメント比が小さい 40% の場合にこの傾向が顕著となっている。K₂SO₄の添加率が 5% の場合には、凝結時間の短縮は始発で 1 時間 40 分、終結で 2 時間程度となっている。

アルカリ硫酸塩の増加、とくに K₂SO₄の増加したセメントが凝結時間を早める理由については前報¹⁾で考察したのでここでは省略する。

(3) アルカリ硫酸塩がコンクリートのスランプに及ぼす影響

セメントに添加した K₂SO₄の影響は、前報¹⁾で報告したモルタルのフロー値同様、コンクリートのスランプに最も顕著に現れている。

図-3はこれらの関係を示したものであるが、測定例の多い水セメント比が 55% の場合を中心に考察すると以下のようなになる。

K₂SO₄の添加量が 1% 程度のときにスランプはやや増大するが、これを超えて添加量を増大させてゆくと、スランプは急激に減少する。この傾向は前報¹⁾に示したモルタルの試験結果ともよく一致している。また、K₂SO₄の添加にともなうスランプ低下の傾向は水セメント比により多少異なっており、水セメント比が小さくなるとその影響がやや少なくなる。

(4) アルカリ硫酸塩によるスランプの低下現象に対するスラグ混入の効果

K₂SO₄の添加量を増大したセメントを用いた場合、コン

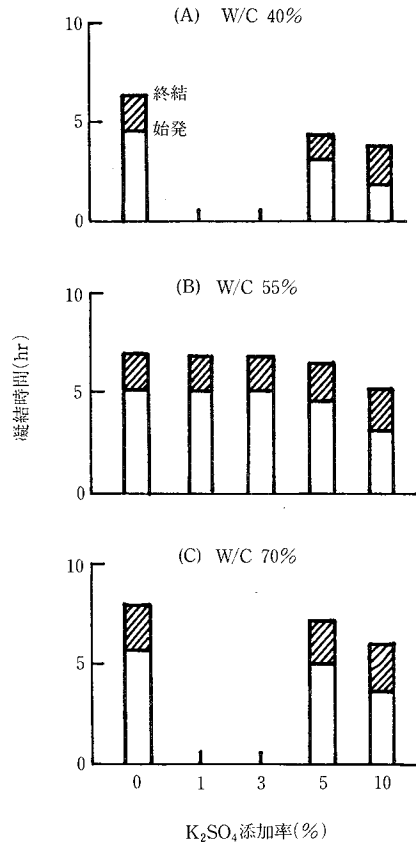


図-2 K₂SO₄の添加プロクター貫入試験結果に及ぼす影響

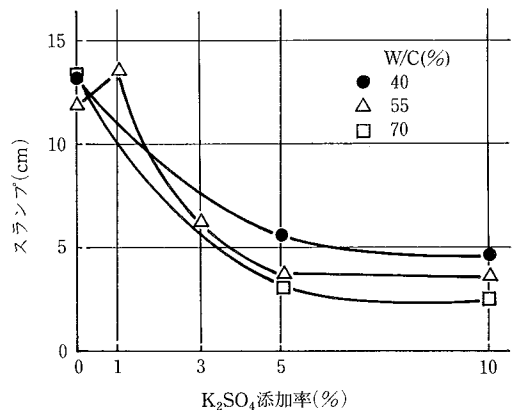


図-3 K₂SO₄の添加がスランプに及ぼす影響

クリートのスランプは著しく低下することを前項で示したが、セメントの一部を高炉水砕スラグ微粉末によって置換えたセメントを用いた場合、コンクリートのスランプはどのように変化するかを示したものが図-4である。

研究速報

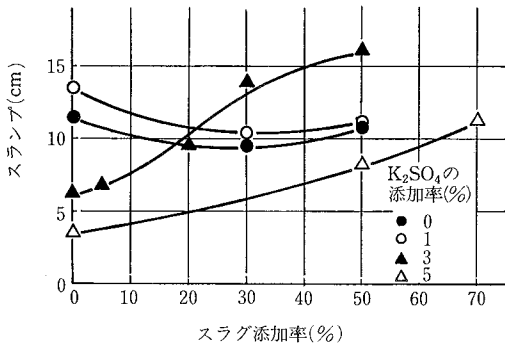


図-4 K₂SO₄の添加に伴うスランプロスに対する高炉水砕スラグの効果

この図より明らかなように、K₂SO₄の添加量がセメントの一部を高炉水砕スラグによって置き変えたコンクリートのスランプに及ぼす影響はかなり複雑である。

すなわち、K₂SO₄の添加量が1%程度ではスラグの置換率を50%程度まで増大させてもスランプの変化はほとんど認められないが、K₂SO₄の添加率が3%以上の場合には、スラグの置換率の増大とともにスランプが大きくなる傾向を示す。この傾向はとくにK₂SO₄の添加量が3%の場合に顕著であって、スラグ置換率を30%以上とする

ことによりK₂SO₄添加の影響を完全に除去することが可能となる。

このような現象はセメントペースト中の液相のアルカリ硫酸塩がスラグ粒子に吸着されり、K₂SO₄の反応による syngenite の生成にともなう急結現象が抑制されたことによるものと思われる。

4. ま と め

1) 多量のアルカリを含むセメントはコンクリートのブリージングを著しく減少させるとともに、スランプも顕著に低下させる。

2) 以上のような多量のアルカリによるスランプの低下は高炉水砕スラグ微粉末の添加により防止することができる。

3) 多量のアルカリを含むセメントを用いたコンクリートの凝結は促進される。 (1986年2月24日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林, 小倉, 星野, 生産研究, Vol. 38, No. 3 (1986)
- 2) L.D. Ershov and A.S. Timofeeva, Tsement, (10), 17 (1972)
- 3) H.S. Steinour, PCA Bulletin No. 4 (1945)
- 4) L.U. Spellman, Cement, Concrete, and Aggregates, CCAGDP, Vol. 5, No. 1, (1983)

