

V-257 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

関東学院大学

正会員 小倉盛衛

東京大学生産技術研究所

正会員 小林一輔

1. まえがき

セメント中の水溶性アルカリ分、即ち、アルカリ硫酸塩の量が多くなると、これがコンクリートの凝結や強度などに影響を及ぼすことが指摘されているが、これを定量的に検討した報告は極めて少ない。

本研究は、セメント中のアルカリ硫酸塩を増す方法として硫酸カリウムを添加する方法をとり、アルカリがコンクリートの諸性状に及ぼす影響を検討した。アルカリの量が多いセメントのシュミレーション実験として硫酸カリウムを添加する方法についてはすでに I. Jawed および J. Skalny¹⁾ および V. Johansen²⁾らが試みており、実際のセメントの使用によって発生する種々の異常現象をよく再現することが指摘されている。

2. 使用材料および配合

セメントは市販の普通ポルトランドセメントであり、化学成分は標準的な組成となっている。アルカリ量は Na_2O 当量に換算して 0.53% である。セメントに添加した硫酸カリウム (K_2SO_4) は試薬特級の化学薬品であり、これを重量比で最大 10% (Na_2O 当量で 3.56%) まで添加した。細骨材は川砂であり、粗骨材は硬質砂岩の砕石である。

コンクリートの水セメント比は 40%、55% および 70% の 3 種であり、 K_2SO_4 を添加していないベースセメントを用いたコンクリートのスランプが $12 \pm 1 \text{ cm}$ となるよう試験練りによる配合を決定した。

3. アルカリ硫酸塩がコンクリートの諸性状に及ぼす影響

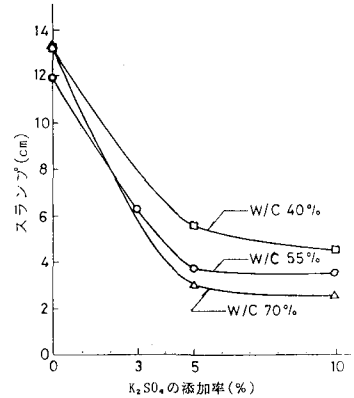
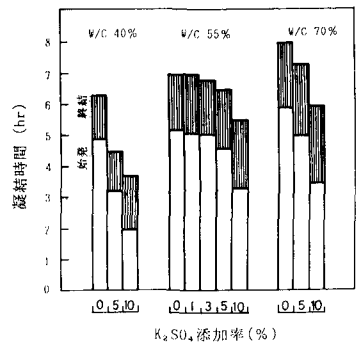
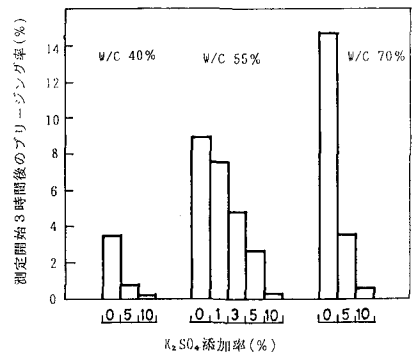
K_2SO_4 の添加がフレッシュコンクリートの諸性状に及ぼす影響は、図-1～3に示すように、スランプの低下、凝結速度の促進およびブリー징の低下として現われており、それぞれ著しい変化が認められる。この影響は、スランプおよびブリー징においては水セメント比が大きい場合、凝結においてはこれが小さい場合に著しい。

このような現象に関連して、Sprung³⁾ はクリンカー中の K_2SO_4 と石膏との反応による Syngenite ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) の形成が深く関係していることを指摘している。

コンクリートの強度は図-4に示すような結果になっており、材令 1 週から 26 週に至る強度を K_2SO_4 の添加率との関係で示してある。

K_2SO_4 の 3～5% 以上の添加で強度が低下するが、この傾向全材令を通して水セメント比が大きくなるほど顕著となっている。

K_2SO_4 の添加により強度が低下した原因を確かめる目的で、材令 13 週を経過したコンクリートの X 線回折試験を行った結果が図-5である。これによれば、Ettringite の強い回折強度が認められ、いわゆる

図-1 K_2SO_4 の添加がスランプに及ぼす影響図-2 K_2SO_4 の添加が凝結速度に及ぼす影響図-3 K_2SO_4 の添加がブリー징に及ぼす影響

硫酸塩膨張が強度低下の一要因になっているように思われる。

4. K_2SO_4 と高炉スラグの混合添加がコンクリートの諸性状に及ぼす影響

高炉水砕スラグ微粉末(高炉スラグ)のセメントへの混入がもたらす最も大きな作用の1つがスランプに対する効果である。つまり、図-6に示すように、 K_2SO_4 を3~5%添加することにより6~8cmほど低下したスランプが、高炉スラグを30~50%混入することで、正常なセメントによる場合と同水準まで回復することができ、その影響を完全に除去できる。高炉スラグの混入量はある程度大きくしたところで急激にその効果が現われており、アルカリ濃度が高いところに存在する高炉スラグは一種の流動化剤の役割を果たす傾向を示している。

高炉スラグのブリージングに及ぼす影響は図-7に示すような関係となっており、 K_2SO_4 の影響が卓越している。また、高炉スラグの粉末度の高さなども関係して、その影響があまりはつきりと現われなかったものと思う。

図-8は K_2SO_4 を3%添加したセメントに高炉スラグを30~50%添加した場合のコンクリートの強度の発現性を示したものである。これによれば、高炉スラグの混入率を50%とした場合は長期に渡る強度の発現性が認められ、材令26週程度で正常なセメントによる場合と同程度の強度に達している。したがって、アルカリ硫酸塩による強度低下に対する対策として高炉スラグを混入する場合は、この混入率を50%以上とすることが必要と思われる。

5. おわりに

アルカリ硫酸塩を添加することによりアルカリ量を増したセメントを用いた場合は、異状凝結を惹き起してスランプおよびブリージングを著しく低下させるとともに、材令28日以降の強度を著しく低下させる。このようなコンクリートの品質低下に対して、高炉スラグの添加は極めて有効な補償手段となり得るものと思われる。

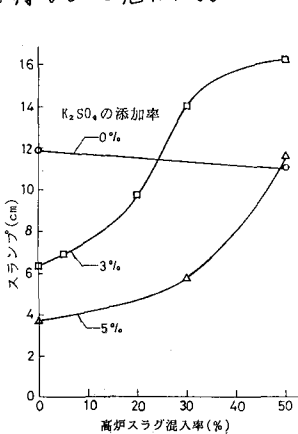


図-6 高炉スラグの混入がスランプに及ぼす影響

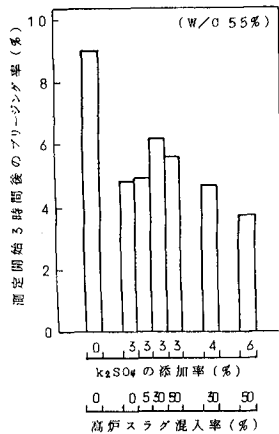


図-7 高炉スラグの混入がブリージングに及ぼす影響

参考文献

- 1) Cement and Concrete Research, Vol. 8, (1978) 2) Proc. The 1976 Symposium on Cement Concrete of Japan 3) Tonind. Ztg., 98, (1974).

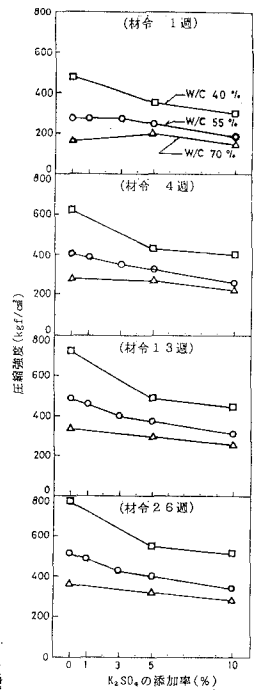


図-4 K_2SO_4 の添加率と強度の関係

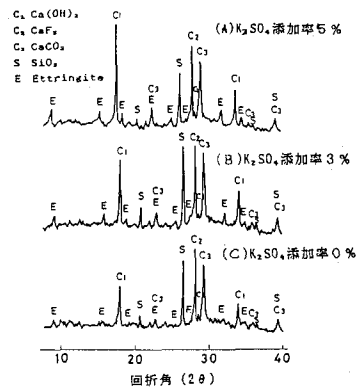


図-5 K_2SO_4 を添加したコンクリートのペースト部分のX線回折試験結果

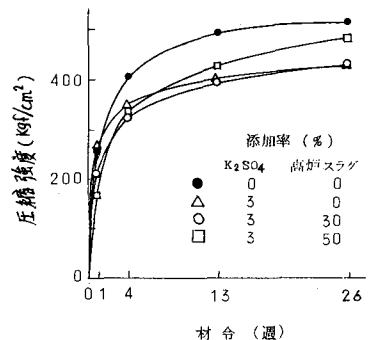


図-8 高炉スラグの混入とコンクリートの強度の発現性の関係