

セメントの硬化時間を コントロールする



セメント・コンクリート技術者にとって、セメントを任意の時間に硬化させることは、昔からの夢でした。

昭和46年、小野田セメントと住友セメントにより、米国のポルトランドセメント協会研究所（PCA）から急硬性のレギュレーテッドセットセメント（Regulated Set Cement）が技術導入されました。セメントクリンカーに $C_{11}A_7CaF_2$ という急硬性成分を含んだ超速硬セメントで、数時間で硬化する画期的なセメントです¹⁾。

凝結時間の調節は、クエン酸という凝結遅延剤が用いられました。

このニュースに接した我々は、なんとか国産で、超速硬セメントが出来ないかと思い、普通セメントに急硬性の混和材を加えて超速硬セメントを作る研究をスタートしました。急硬性の混和材として各種のカルシウムアルミネートと石膏を選び、来る日も来る日もセメントモルタルを練り混ぜ、急硬性を示すセメント組成を探しました。

どうしても目標とする初期強度が得られず、なかば諦めかけていた頃、

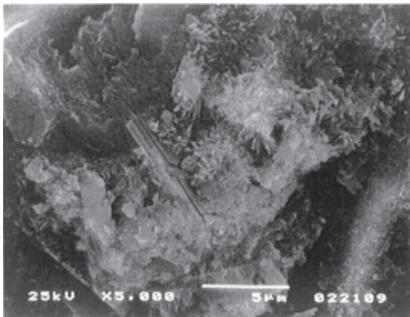
事件が起きました。硬化開始時間を調節するため、急硬性混和材に各種の凝結遅延剤を併用して試験していたところ、ひとつの配合だけ、練混ぜ数分後に急硬して練混ぜ容器のガラスビーカーにセメントペーストが固化付着し、とれなくなったのです。どんどん反応が進みぐんぐん強度が出てくるのが分かりました。

なぜ突然、急硬性を示すセメントの配合が出来たのか皆でチェックすると、なんと、配合を誤り、急硬性混和材に凝結遅延剤だけでなく促進剤も入れてしまっていたのです。

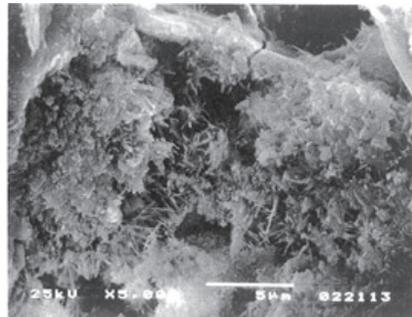
偶然の実験結果が糸口になり、我々の超速硬セメントと急硬性混和材の開発、及び実用化は大きく進展しました。

超速硬セメントは、水和初期には、急硬性成分であるカルシウムアルミネートと石膏及びセメント成分が反応してエトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) を生成し、強度が発現します。それ以降の強度発現は、ポルトランドセメント成分のカルシウムシリケートの水和に受け継がれます。

その後の大型実験では多くの困難にぶつかり、コンクリート製品メーカーのプラントで行ったときは、ミキサの排出ホッパー中でコンクリートの硬化が始まり、水和反応熱で暑い中、皆でコンクリートをハツリ取っ



普通セメント水和物



超速硬セメント水和物
エトリンガイトの針状結晶が
多く見られる

増厚工事→



たこともありました。

橋梁の工事では、超速硬コンクリートをポンプ圧送し、圧送打設が終了した直後に凝結硬化が始まり、冷や汗をかきましたが、短時間で交通開放をすることが出来て安心しました。

その後、各社が販売する超速硬セメントは、日本中の高速道路の橋梁増厚コンクリート工事に、現場練りのモービル車を使用して大量に使用されています。

また、このセメントを急硬させる技術は、形を変えて、以下のような分野で利用されています。

- ・青函トンネル等の急硬性地盤注入固化材（水ガラスとセメントの組合せでは止水困難なケースに使用）
- ・トンネルの急硬性吹付けコンクリート
- ・急硬性のセメントグラウトモルタル（震災直後の補修、補強他）
- ・セメントアスファルトモルタルと組み合わせた填充道床（大阪環状線・山手線のバラスト固化）

急結セメントの研究開発で忘れてならないのは、日本大学の笠井順一先生の研究です²⁾。普通セメントにアルミナセメントと凝結遅延剤を組



← 填充道床

み合わせた組成のセメントで、数十秒から数分で硬化します。このタイプのセメントは止水モルタル等として商品化されています。海外では、ロシアで古くからアルミナセメントや石膏系の止水セメントが使用されています³⁾。また、英国のブルーサークルというセメント会社では、長年、カルシウム・サルフォ・アルミネート系の速硬性混和材を販売していましたが、最近、生産を止めています。

特殊セメントとして昔から使われてきたセメントに、アルミナセメントがあります。鉱物組成は $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ です。初期強度発現は非常に良いのですが、夏季等の高い温度に晒されると水合物が変化して強度が下がることのあるため、建設分野ではあまり使われませんが、普通セメントに比較して、数百度の高温にさらされても強度維持性能が良いので、耐火物の分野で幅広く用いられています。

参考文献

- 1) 河野清：セメント・コンクリート，No.320，Oct，pp110-121（1973）
- 2) 笠井順一：Gypsum & Lime，No.160，pp24-30（1979）
- 3) V.V.Mikhailov：4th. Inter. Symp. Chmistry of Cement，Washington,D.C., pp927（1960）