

小野田セメント株式会社 正会員 曾根 徳 明
同 上 正会員 大 塩 明

1. まえがき 圧縮強度 1000 kg/cm^2 程度の高強度コンクリートを製造するために高性能減水剤を多量に添加し、減水効果を高めてコンクリートの水セメント比を小さくすることが通例、行われている。一方、この種の減水剤を多量添加することにより、セメントの凝結が遅延する傾向が認められ、とくに高強度コンクリートを利用する製品工場ではこれに対処するため蒸気養生、硬化促進剤の併用等の方策を実施している。しかし、これらの促進剤には塩化カルシウムを主成分とするものが多く、これを混和した場合には長期において、埋設鋼筋の腐食、長期強度の低下、乾燥収縮の増大等も懸念される。本研究は高性能減水剤を用いた高強度コンクリートを対象として、塩化カルシウムと同程度の硬化促進効果を有し、かつ鋼筋に発錆の恐れのない、またコンクリートの長期性能を損傷のない硬化促進剤の選定を目的とし、本文はとくに、戦後10年までのコンクリートの長期性能について報告する。

2. 実験方法 ●硬化促進剤および混和率の選定 水セメント比30%とした早強セメントペーストに高性能減水剤をセメント量の15%添加すると終結は3時間程度遅延し、これに塩化カルシウムを1%混和すると減水剤無混入の場合と同程度となった。そこで、塩化カルシウムを1%混和した場合と同程度の促進効果を有するものを選定の基準とした。まず、促進効果が期待される25種の薬品を混和したペースト(水セメント比30%)の凝結時間を測定し、結果が良好であった10種を選定した。つぎに、これらの10種の薬品をそれぞれ混和した1:2モルタル(川砂、水セメント比30%, M1.5%)についてフローおよび圧縮強度を測定し、塩化カルシウム1%混和と同程度の性能(フロー 145 cm , $\sigma_{\text{cyl}} 320\text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{\text{cyl}} 935\text{ kg/cm}^2$)が得られる3薬品および混和率(磷酸カルシウム、硝酸カルシウムおよび亜硝酸カルシウムをそれぞれ2%, 1%および2%)を選定し、これに塩化カルシウムを加えた4種類の薬品を混和した高強度コンクリートの凝結、初期強度発現および長期性能試験を実施した。

●コンクリートの試験 実験に用いたセメントは早強ポルトランドセメント(小野田社製)であり、細骨材には富士川産川砂(比重2.64, FM2.80)を、粗骨材には鬼怒川産玉砕(最大寸法20mm, 比重2.61, FM6.65)を使用した。高性能減水剤はナフタリン系の減水剤(M)をセメント重量に対し1.5%を使用した。実験に用いたコンクリートは表1に示すとおり、設計スラブ厚8cm, 単位セメント量を 550 kg/m^3 とした高強度コンクリート用のものであり、単位水量は上述の各薬品を所定量混和した場合に同程度のコンシステンシーが得られるように試験練りにより定めた。

表1 実験に用いたコンクリートの配合

薬品の種類	水セメント比 (%)	砂率 (%)	試料 (mm)	単位量 (kg/m^3)						測定 スラブ (cm)
				セメント	水	細骨材	粗骨材	減水剤	薬品	
(用いず)	27.3	30	20	550	150	527	1206	8.25	—	8.5
塩化カルシウム	32.0	30	20	550	176	507	1159	8.25	5.5 ²⁾	8.5
磷酸カルシウム	32.0	30	20	550	176	507	1159	8.25	11.0 ³⁾	8.0
硝酸カルシウム	29.1	30	20	550	160	520	1189	8.25	5.5 ²⁾	7.0
亜硝酸カルシウム	31.3	30	20	550	172	512	1167	8.25	11.0 ³⁾	7.5

注 1) C×1.5%, 2) C×1.0%, 3) C×2.0%

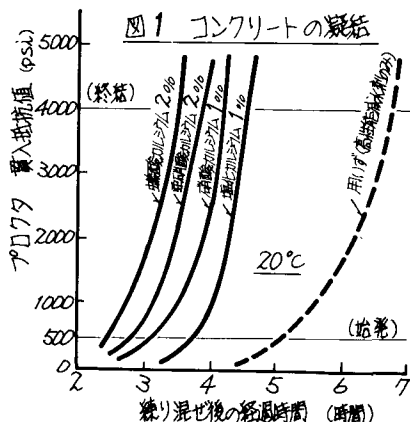
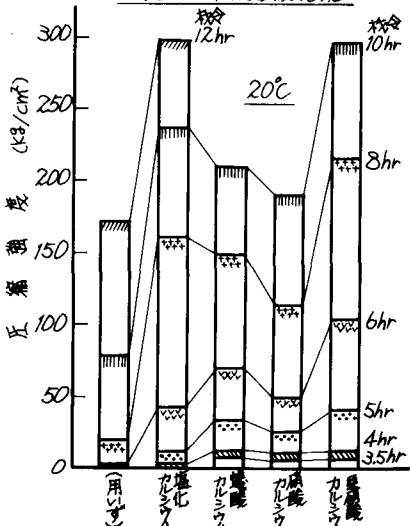


図2 初期強度発現



圧縮強度用の供試体は所定
 枚令まで20℃水中養生を行
 った。乾燥収縮用供試体
 は枚令1日で脱型、6日間
 水中養生した後、湿度55%
 20℃の恒温室で乾燥した。
 鉄筋の発錆試験はあらかじめ、
 φ6mmの磨き丸鋼を
 かぶり1がとどい、10、20
 および30mmとなるように
 φ15×30cmの円柱型枠に配

置し、コンクリートを成形後、7日間水中養生、以後、屋外に暴露し、所
 定の枚令を経過した供試体より取り出した鉄筋の発錆面積を測定した。

3. 結果・考察 図1は九ヶ貫入抵抗試験によるコンクリートの凝結
 時間の測定結果をえたものである。これによればコンクリートの終結
 時間は高性能減水剤のみを用いた場合、6.5時間程度であるのに対し、塩
 化カルシウムを混和したものは4.5時間、他の薬品では3~4時間程度に短
 縮できることが判明した。一方、図2に示すごとく、150kg/m³程度の
 圧縮強度が得られる枚令は高性能減水剤のみを用いた場合には12時間程
 度を要するのに対し、蟻酸カルシウム、硝酸カルシウムおよび亜硝酸カルシ
 ウムを混和した場合にはそれぞれ、8、9および7時間であって、硝酸カルシ
 ウムの促進効果が塩化カルシウムの場合に比し、小さい傾向にあるものの、図
 1の結果を合わせ考えれば、これらの3種の薬品はいずれもコンクリートの
 凝結促進および初期強度発現の改善に対し、塩化カルシウムと同程度の効
 果を有するものと推察される。図3は枚令1日から10年までの圧縮強
 度および静弾性係数の測定結果をえたものである。これによれば薬
 品のいかに拘わらず長期強度に大差なく、また、いずれの場合にも、
 枚令3年以降、強度増進は次第に停滞し、枚令10年を経過しても1000kg/m²
 程度を保持して明確な強度低下は認められない。また、静弾性係数に
 関しても同様の傾向が示されている。図4は乾燥収縮の結果をえた
 ものである。これによれば塩化カルシウムを混和したものの収縮はいず
 れの枚令においても高性能減水剤のみを用いたものに比し、30%程度大
 きいのに対し、亜硝酸カルシウムを混和したものは同程度が、むしろ小
 い。さらに、図5に示すとおり、埋設鉄筋の発錆についても高性能減
 水剤のみのものより増大する傾向にあるものの、亜硝酸カルシウムを混
 和したものは塩化カルシウムの場合に比べ、1/5程度に低減する。なお、い
 ずれのコンクリートについてもかぶり20mm以上の鉄筋に発錆は認められ
 ず、また10年経過後のコンクリートの中核化はごく表面部に限られていた。

以上要するに、硬化促進、長期性能の結果を総合的に考察すれば、亜
 硝酸カルシウムは高強度コンクリート用の優れた硬化促進剤と考えられる。

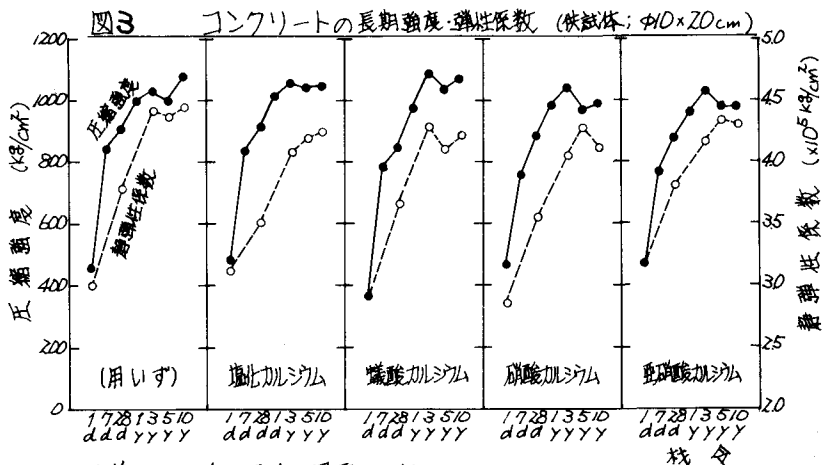


図4 乾燥収縮試験結果

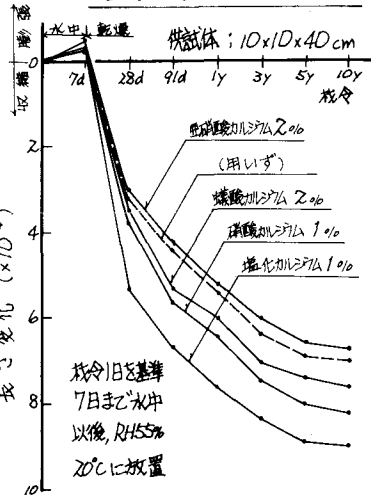


図5 埋設した鉄筋の発錆

