

(株) 間組 技術研究所 正会員 竹内 恒夫
 “ “ “ 松垣 光威
 “ “ “ 畠山 修

1 まえがき

トンネルの一次ライニングに用いられる吹付けコンクリート用急結剤は、粉体と液体とがあり、吹付け方法や吹付け機械によって使い分けられている。急結剤はその主成分で分類するとアルミン酸塩や炭酸塩などを含んだ無機塩系のものとセメント鉱物系とがある。無機塩系は粉体と液体の両者があり、わが国では最も種類が多く大量に使用されている。一方、セメント鉱物系は粉体で添加量に比例して急結力が強く、長期強度の低下がなく、湧水部でも使用できる特徴がある。しかし、狭小な作業空間でしか施工できないような場合の急結剤は、粉体とするとハンドリングが困難で、液体とすると凝結時間などに問題があるので、湿式用のカルシウムサルホアルミネート系の急結剤に着目し、施工を前提とした材料の特性と凝結性状などについて検討を試みた。

2 実験方法

吹付け方式は湿式工法とし、吹付けの概念を図-1に示す。

セメントは普通ポルトランドセメントを用い、水と混合した状態（以下セメントペーストという）で用い、高強度と流動性が得られるように減水剤を添加することとした。一方、急結剤は粉体のカルシウムサルホアルミネート系を用い、水と混合した状態（以下、急結剤ペーストという）で用いることにした。いずれもペーストの状態でポンプ圧送し、ノズル部で圧縮空気により吹付け施工を行うことを前提に、セメントペーストや急結剤ペーストの流動性、急結剤添加量や凝結効果および圧縮強度を次の項目で検討した。

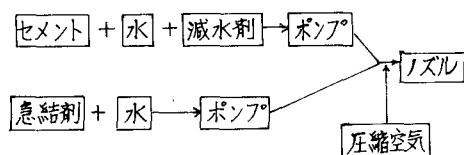


図-1 吹付け概念図

① 流動性試験； 吹付け材料の流動性を測定する方法として、φ5×高さ5cmの円形リングにペーストを流し込み、一定時間静置したのち、リングを引き上げて、その広がり測定し、フロー値とした。

② 凝結時間； JIS R 5201の凝結試験に準ずる。

③ 硬化時間の測定；凝結試験に用いたピカー針装置の始発用標準針を試料中に降下させ、硬化した深さの百分率を求めた（ここで、便宜的に硬化率とよぶ）。

④ 圧縮強度試験；4×4×16cmの型枠に試料を詰め、JIS R 5201の強さ試験を行った。

3 実験結果および検討

(1) 吹付け材の流動性

図-2にセメント添加剤の添加の有無と添加量を変化させた場合の経過時間とフロー値の関係を示す。これによると、セメントペーストの流動性は、添加剤の有無や添加量にかかわらず、初めの15分間で急激なフロー値の低下を示し、その後はフロー値の低下はきわめて少ない。吹付け材の強度は水セメント比が大きく影響し、かつ、流動性がよく、ブリージングや材料分離

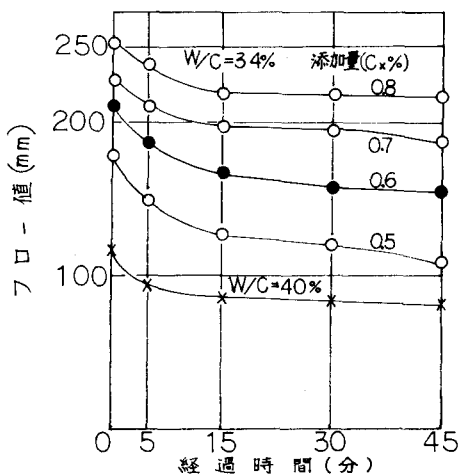


図-2 セメントペーストの流動性

のないものが要求される。数種の添加剤について検討を加えた結果、水セメント比は34%で添加剤はセメント重量の0.6%添加したものが最も優れていることが判明した。

一方、急結剤ペーストの水急結剤比を求めるに当たっては、セメントペーストと同様に、200^{mm}程度のフロー値が得られるものを求めた。その結果を図-3に示す。水急結剤比が40%から45%の範囲で変化させても、フロー値はあまり変化しないことが判明したので、練り上り状態やブリージングなどを考慮して水急結剤比を42%とした。

(2) 硬化時間

図-4にセメントペーストに対し、急結剤の添加量を変化させた場合の凝結時間の関係を示す。これによると、急結剤添加量がセメント重量の10%のとき、始発時間は45~60秒を示し、終結時間は90±3秒であった。また、急結剤添加量をセメント重量の15%にすると、始発時間は15~30秒を示し、終結時間は60±3秒を示した。以後、急結剤添加量を25%まで増加しても、ほぼ同様な傾向を示した。一方、急結剤の温度による影響を調べるために、図-5の硬化率を求めた。気温6℃、水温6.5℃の場合はセメントペーストと急結剤ペーストを混合してから、3分後に硬化を開始し、100%の硬化率を得るまでに約4分程かかった。また、気温17℃、水温11℃の場合は、同様に30秒以前に硬化を開始し、100%の硬化率を得るのにわずか1分であり、温度差による硬化の開始にずれはあるものの、100%の硬化率を得る時間は気温や水温にあまり影響をおよぼしていない。

(3) 圧縮強度

図-6に枚令24時間までの圧縮強度試験の結果を示す。この結果、急結剤の添加量が増すに従って、圧縮強度は増加する傾向を示し、急結剤添加量がセメント重量の25%となると、枚令3時間後には約50^{kg}/cm²を示している。また、枚令24時間後には、急結剤の添加量がセメント重量の10%で110^{kg}/cm²、25%で200^{kg}/cm²を示し、吹付け枚料としての急結剤添加量はセメント重量の10%以上が必要と思われる。

4. あとがき

カルシウムサルホアルミネート系の急結剤は他の急結剤と比較すると粉体のセメント鉱物系と似たような性質を有しており、取扱いの面から考えると粉体ではあるが液体急結剤として用いることができる。しかし、従来の急結剤に比べ添加量が多くなるという欠点を有している。

最後に、本実験に際し、ご指導いただいた方に、紙上を借りて深く感謝する次第である。

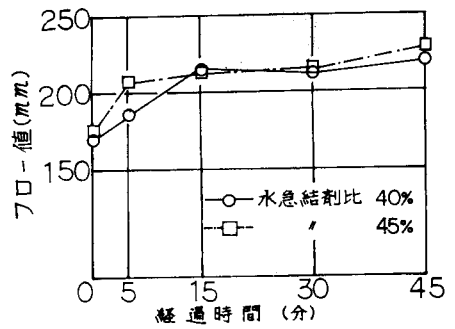


図-3 急結剤ペーストの流動性

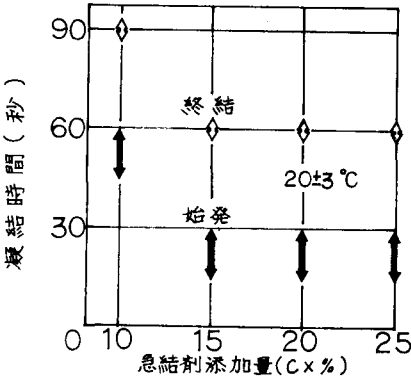


図-4 急結剤添加量と凝結時間

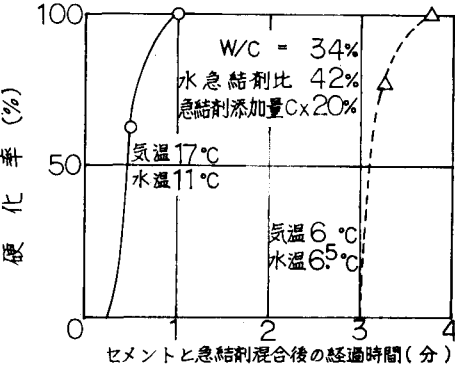


図-5 経過時間と硬化率

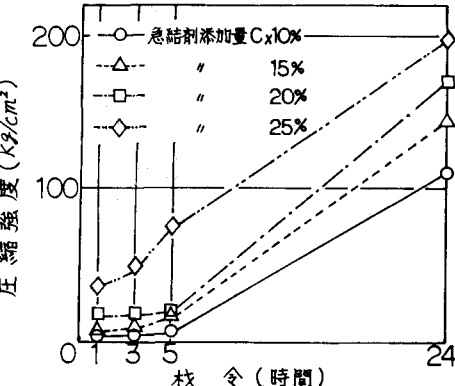


図-6 枚令と圧縮強度