V-182　石こうを利用した岩盤の風化および肌落ち防止材に関する研究

(株)間組　技術研究所　○正会員　竹内　恒夫
〃　　〃　　正会員　松垣　光威
〃　　〃　　篠塚　誠治

1、はじめに

掘削岩盤の風化や肌落ちを防止する方法には、吹付けコンクリート、ラス網および防護ネットが考えられる。とくに、トンネル掘削後の地山の風化や肌落ち防止には吹付けコンクリートが有効であるが、粉じんやはね返りなどを生じ、作業空間の狭小な所では施工条件にかなりの制約を受ける。本報文は石こうの有効利用の1つとして、トンネル掘削後の地山の風化や肌落ちを防止する材料としての特性と作業条件に制約を受ける場所での施工法について述べるものである。

2、材料の条件

吹付けコンクリートは急結剤の添加によって瞬時に凝結を完了させるが、粉じんやはね返りが発生する。一方他の分野での吹付けとしては不飽和ポリエステルとガラス繊維を用いたＦＲＰ（Fibre Reinforced Plastics）がある。これはきわめて強度が高いが、水に対し相性が悪く、しかも溶剤としてアセトンなどの揮発性の高いものを使用するのでトンネル内での使用は困難である。しかし、この吹付け機械は軽量小型であるため狭小な場所でも適用できることから、この機械に着目し、新材料の開発を行った。材料としての主な条件を列記すると次の通りである。　① 水溶性である　② 可使時間がとれる　③ 硬化時間が早い　④ 強度が高い　⑤ 付着性がよい　⑥ 施工性がよく、経済的である　⑦ 入手しやすく品質変化を受けにくい

3、材料の選定

前記の条件を満足させるために、種々検討した結果主材料として、硬化時間が早く強度の高い、α型半水石こうを選び、吹付け時の流動性や付着性あるいは耐水性改良のために樹脂を添加した。これらの樹脂はトンネル内で使用するため、人体に影響を与えないものを選定し、これをショットレジンとよぶことにした。

4、材料の特性

4.1　ワーカビリチー

α型半水石こうは水石こう比（混水量）が30％前後で強度が高く、かつ、18～21分で硬化する。このため、作業性を考慮して、40分程度で硬化するように凝結遅延剤を添加した。図－1にショットレジンの混水量と粘度およびフロー値の関係を示す。混水量の変化によって粘度の変化は大きいが、フローテーブルを利用したフロー値の変動は小さい。これはショットレジンの吹付け時の付着性をよくするために添加した樹脂の影響によるものと思われる。

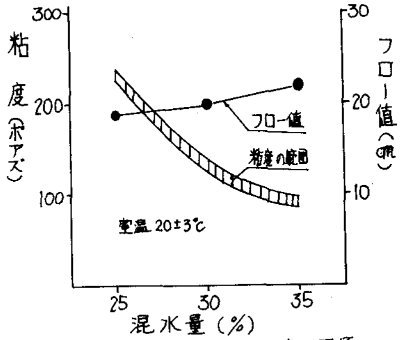

図-1　混水量と粘度・フロー値の関係

図－2に注水後の経過時間と粘度の変化を示す。これは注水後、撹拌（回転数110 rpm）を継続して粘度を測定したもので、所定の練り混ぜ後、4分目の粘度が170ポアズと一番高くなっており、10分前後には粘度が100ポアズ前後となり、再び粘度が上昇する傾向となる。これは、ショットレジンに含まれる種々の改良材が時間の経過とともに溶出し、流動性が高まるために粘度が低下し、再び粘度が増加するのは石こうのゲル化が増進するためと考えられる。

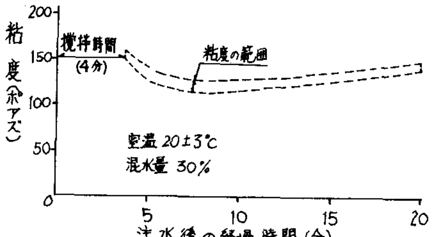

図-2　注水後の経過時間と粘度の関係

4.2 硬化時間

硬化時間を測定するためにJISR5201セメントの物理試験方法の凝結時間の測定方法に準拠して、ビカー針装置に取付けた始発用標準棒を試料中に徐々に貫入させ、始発針の試料中の侵入量から、試料の硬化していない部分の残留百分率を求め経過時間ごとに測定した。この結果を図－3に示す。いずれも曲線の立ち上りは急激であり、40分以降に生じている。また、始発から終結までの時間を測定すると2～8分程度であり、図－4に示すような急激な温度上昇を示す。これは、急激な水和反応によるものと思われる。

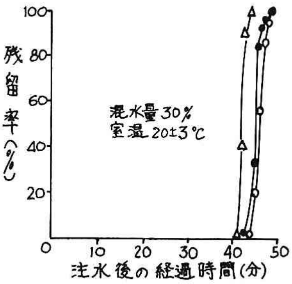

図-3 注水後の経過時間と残留率の関係

4.3 強さ試験

図－5にショットレジン単体の材令と圧縮強度の関係を示す。

空中養生のものは材令1日で圧縮強度が350 kg/cm²以上で、若材令の強度ののびは著しい。一方水中養生においても若材令での伸びは著るしく、それ以後も400 kg/cm²以上の安定した圧縮強度を示した。これは吹付けコンクリートの圧縮強度が材令1日で130 kg/cm²、28日で250 kg/cm²程度であるのに対し、ショットレジンでは材令1日で約2.7倍程度の圧縮強度を示す。

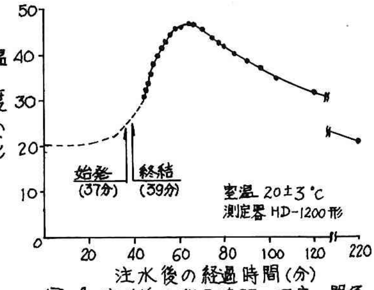

図-4 注水後の経過時間と温度の関係

一方、ガラス繊維をショットレジン重量の5％混入したものは、厚さ3mmで、曲げおよび引張り強度は180 kg/cm²以上となった。このことから、肌落ち防止材としての効果は十分あるものと思われる。

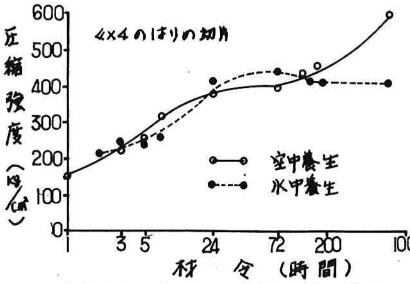

図-5 材令と圧縮強度の関係

5. 施工性

本吹付け工法の施工要領模式図を図－6に示す。これは、ショットレジンを水と混合攪拌してペースト状にしたものを、ガラス繊維(ℓ＝25mm)と混合しながら塗装の要領で吹付けるものである。写真－1にトンネル掘削後の岩盤に直接吹付けている施工状況と付着状況を示す。吹付け距離は壁面から0.5～1.0mであったが、はね返りや粉じんはほとんどなく、ガラス繊維で補強されたショットレジンは壁面に完全に密着し、さらに、壁面の凹凸も埋めている。

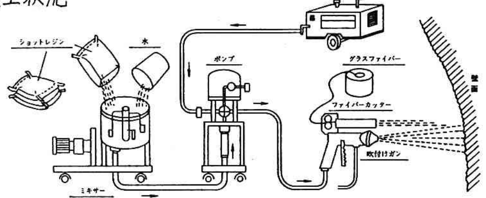

図-6 施工要領模式図

6. あとがき

ショットレジンは開発して日も浅く、その力学的性質については現在さらに実験中であるが、α型半水石こうの良い性質はそのまま残し、樹脂混入により、欠点を改良したものである。また、現場実験を通じて、土木建築材料として十分活用できるものと思われる。

最後に、本開発にあたり、ご指導、ご鞭撻をいただいた方々に、紙上を借りて深く感謝する次第である。

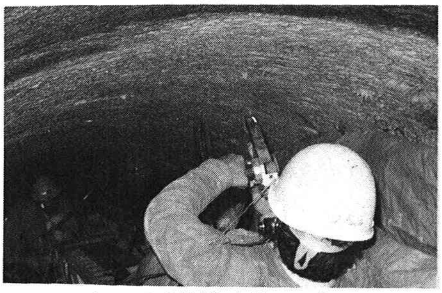

写真-1 現場実験吹付け状況

参考文献 石膏石灰学会編：石膏石灰ハンドブック，技報堂出版，昭和51年