

九州大学 工学部 正員 松下 博通
福岡県福岡土木事務所 〃 大塚 義徳
水谷建設(株) 栗山 昌敬

1. まえがき

トンネル工事で削岩時に発生する岩石微粉末は、施工中の使用水や湧水により坑外に排出され、公害の起因ともなる。今回対象とした工事現場では、坑口に沈澱槽(写真-1)を設け、微粉末を早期沈澱させ、河川への流出は清水とすることと試みたが、その後の沈澱した微粉末の処理が問題となった。したがって、この微粉末を再利用も併せて処理する方法として、注入材料とミスのセメントペーストに混入することと考え、岩石微粉末混入ペーストの基本的性状について室内実験を行おうとともに、実際に現場における注入試験を行ない、ある程度の成果をみたので、その概要を報告する。

2. 室内実験概要

現場より採取した角内岩砕石粉(比重2.88)をセメントペーストに、セメント重量の20, 50, 100, 150, 200%混入したときの水量とコンシステンシーの関係と求めた。コンシステンシーの程度は、モルタル用フローコーンを用いて、コーンを静かに引き上げたときのペーストの広がり直径をフロー値(mm)で示すことにした。セメント単位重量あたりの水量とフロー値の関係と、石粉セメント比(S/C)ごとに図-1

に示す。石粉の混入によりフロー値が非常に小さいものとなることと示されている。このフロー値の低下の程度を知るため、同一フロー値と得るためには、 S/C によらず W/C などのように変化させればよいかと図-1より求めると図-2のようになる。これより、石粉を混入しないペースト(基本ペースト)と同様のコンシステンシーと得るためには、 S/C によりどの程度 W/C を増加しなければならぬかがわかる。

次に、同一フロー値と得るため、混入ペーストは W/C が大になるための強度低下をきたすものとする程度を調べた。このとき、基本ペーストの W/C が0.55, 0.65, 0.75の場合のフロー値352, 420, 486が混入ペーストのフロー値でも得られるように S/C に応じて W/C を決定した。試験は、JIS R 5201セメントの物理試験法に準じて $4 \times 4 \times 16$ cm 仮試体により、打ち3日、7日、28日に曲げ強度と圧縮強度を求めた。基本ペーストの $W/C = 0.65$ のフロー値420と一定にした場合の S/C と圧縮強度の関係を一例として図-3に示す。 S/C の増加により圧縮強度がかなり低下していることがよくわかる。この傾向は、フロー値を352程度および486程度にした場合でもほぼ同様であった。

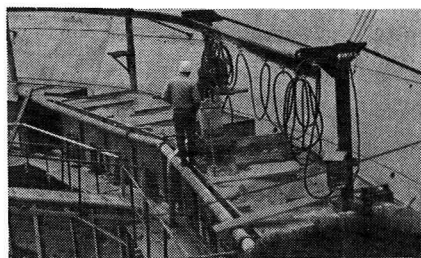


写真-1. 沈澱槽

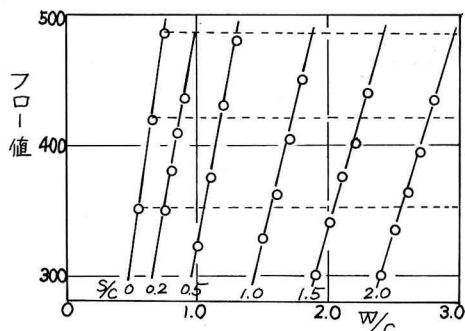


図-1 水量とフロー値の関係

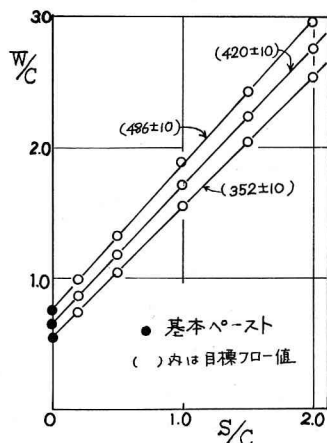


図-2. 同一フロー値と得るための S/C と W/C の関係

ペーストの強度が、 S/C により低下することが示されたので、ペーストの曲げ強度、圧縮強度を C/W とどのような関係にあるかを求めてみたのが図-4、5である。これより混入ペーストの強度は、圧縮曲げともにフロー値にほぼ関係なく、 C/W のみによって表現できることがわかる。すなわち、石粉を基本ペーストに混入すればフロー値が低下するため、同一フロー値を得るため水量を増加しなければならぬ。したがって C/W が低下し、強度低下をきたすため、石粉混入量は、混入ペーストの必要強度から制限されることになる。

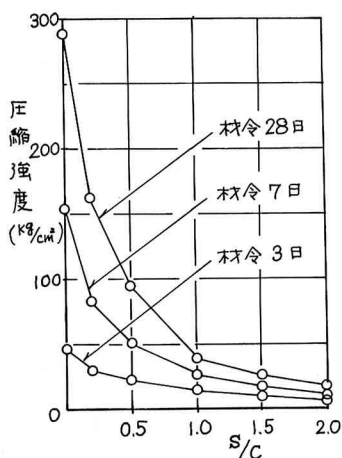


図-3 フロー値を 420 ± 10 にした場合の S/C と圧縮強度の関係

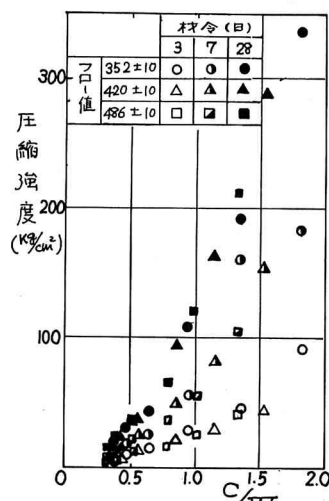


図-4 C/W と圧縮強度の関係

3. 現場注入実験

現場実験は、福岡県主要地方道福岡直方線新大鳴トンネル工事（粕屋郡久山町～鞍手郡若宮町）の角内岩（緑色片岩）の除去対象に行なった。注入材料は裏面注入材として使用するため $\sigma_{28} = 13 \pm 2 \text{ kg/cm}^2$ の強度を必要とするため、 $S/C = 2.00$ 、 $W/C = 2.77$ とする配合とした。配合方法は、スラリー濃度を単位容積重量から求め、上記配合にはるように、水とセメントとスラリーに混入する方法とした。まず、スラリーの採取方法であるが、サンドポンプを予定したもののスラリー濃度が濃く採取困難であった（サンドポンプ採取可能限度はスラリーの単位容積重量が 1100 kg/m^3 程度であった）し、ベルトコンベヤでは作業効率が悪いため、ガソリンスタンドや側溝の汚濁清掃車により採取した。（この場合、 1400 kg/m^3 前後の単位容積重量をもつスラリーの採取が可能であった。）次に、混合注入作業であるが、まずプレスクリートにより混合注入を行なったが、混合時の攪拌が低速であるため、十分な混合ができず、スラリーが残り、パイプを閉鎖した。したがって十分な混合が必要であると考え、プレスクリートを用いて混合時間を長くして注入したが、混合攪拌が低速のため、注入時にやはりパイプが閉鎖した。したがって、高速攪拌が必要であると考え、混合注入にグラウトミキサーとグラウトポンプを使用して行なった結果、順調に注入することができた。写真-2は、このとき検査孔から注入材料が出ているものを示し、写真-3は注入風景である。ただし、このグラウトポンプとグラウトミキサーで注入したときにも、セメントがスラリー中に流入し、一部のスラリーが凝結してパイプを閉鎖することもあり、今後は、スラリーの貯蔵方法と採取方法の検討が必要だ。

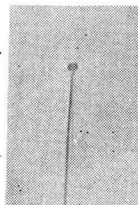


写真-2. 検査孔

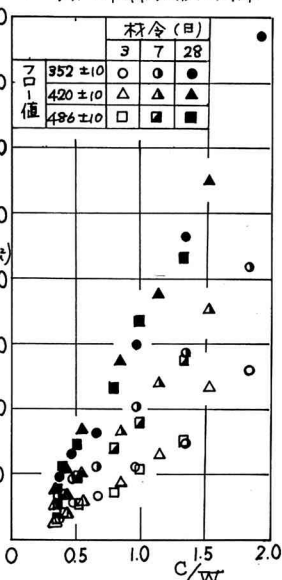


図-5 C/W と曲げ強度の関係

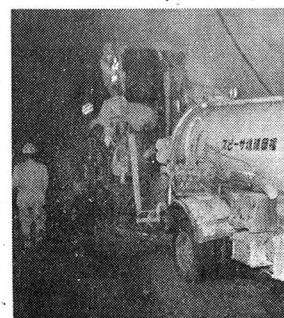


写真-3. 注入風景

本実験進行に当たり、岩田福岡土木事務所、中央土木建設事務所は、この関係に協力した。また、管内実験は、九州土木試験室、石巻試験室、生田土木事務所により行なわれた。ここに深く御礼申し上げる次第である。