

二層注入方式推進工法における低比重滑材の開発

東京ガス(株) 正会員 林 光俊 ○(株)奥村組 正会員 林 威
東京ガス(株) 長島 伸吾 (株)奥村組 正会員 竹内 幹雄
東京ガス(株) 正会員 蔵品 稔 (株)奥村組 正会員 和田 洋

1. はじめに

推進工法は、シールド機と推進管との径の違いにより発生する地山と推進管との間隙(テールボイド)内に、地山保持及び推進抵抗力(地山と推進管との摩擦力)の低下を目的として滑材を圧力注入しながら施工するものである。しかしながら、従来の推進工法では滑材を地山内に直接注入することから、滑材の逸散・地下水による希釈・土砂との混合等により滑材が劣化するため、本来の目的を十分に果たすことが難しかった。この結果推進距離に応じて推進抵抗力が増大するため、推進距離に限界があった。

今回新しく開発した二層注入方式推進工法においては、滑材は推進直後に形成されたライニングとヒューム管との限定された間隙に注入されることから、これまでに考えられてきた阻害要因を完全に排除できるため、滑材効果が十分に発揮できる。また、滑材の比重とヒューム管のみかけ比重とを同一化させることができれば推進抵抗力をさらに低下させることができ、さらなる長距離推進が可能となる。

著者らは、推進工法において推進距離の長距離化を目指した二層注入方式という新たな推進工法の開発における、滑材の低比重化試験を行った。

2. 試験目的

当工法に使用する滑材は、ヒューム管のみかけ比重(0.75~0.85)と同等にするため比重を低く抑えることが望ましい。このため従来型の滑材中に低比重材として、熱膨張性マイクロカプセル(以下EPという)を添加したものを使用する。但し、EP自身は水に対し分離性が非常に大きい等の問題を抱えていることからその分離を防止するため、滑材中の人工粘土(以下粘土という)・耐塩性CMC(以下CMCという)・EPの適正な配合の決定及びライニングに対する健全性(耐アルカリ反応性)等について調べるものとする。

3. 試験内容・結果

(1)水分含有率

EPは本来無水のプラスチックで化学的に安定な材料であるが、作業性を高めるために若干の水分を含んでいる(湿潤状態EP)。使用量を厳密に求めるために水分含有率(重量百分率)を測定する。

方法：赤外線加熱法による。

結果：水分含有率 78.3% [湿潤EP 100g中 水 78.3g、EP(表乾) 21.7g]

(2)比重

EPを使用する目的は滑材比重を低減することにある。比重低減のために用いる材料である湿潤EPの比重を測定する。

方法：水に湿潤EPを加えた懸濁溶液(実験中に分離を抑えるためCMCを1%添加したもの)をシリンダー法により求める。

結果：比重は 0.09~0.10 となる。

参考：表乾EPのみかけ比重 0.055、絶乾EPのみかけ比重 0.015 (200ℓで3kg)

(3)圧縮・減圧による体積変化

滑材を構成する粘土・CMC・水は固体及び液体で、通常の圧力に対しては「非圧縮」である。この滑材を低比重化するにあたり、発泡剤を用いることが考えられる。しかしながらこの方法では、滑材圧送時に圧力変化に伴って体積変化が生じることが考えられる。これは滑材比重に対して、また長距離圧送に対しても余り望ましい状態とは言えない。

当工法に用いる滑材は通常の配合にEPを加えたものである。EPは非常に軽量な材料であり、またEP内部に含まれている空気は加圧・減圧されると収縮・膨張により破壊することが考えられる。このことから、水に湿潤EPを加えた懸濁溶液(前同様)を加圧・減圧させて体積変化を調べる。

結果：減圧に対しては体積膨張が認められる(EP自体の破壊は認められない)。加圧に対しては若干の体積減少が認められる(加圧 10kg/cm²：減少率 0.5%)が、施工への影響は全くない。

このことから、滑材比重の低減化材料としてEPを使用できることが確認された(図-1)。

またEP(比重0.09~0.10)添加量と滑材比重の相関関係を図-2に示す。この図より、湿潤EPを数%添加することで滑材比重を0.7~0.8に設定可能であることが確認された。

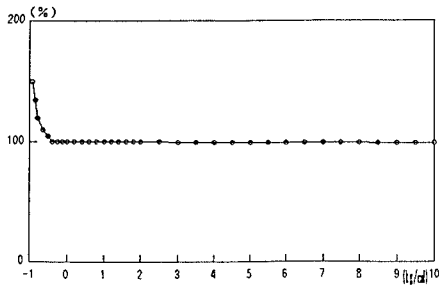


図-1 圧力と滑材の体積変化の関係

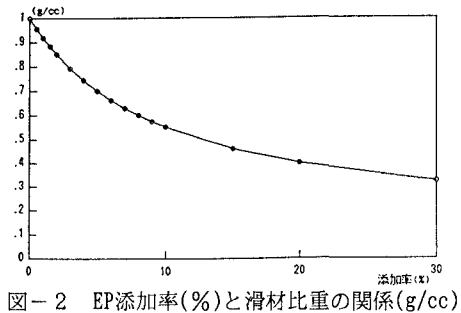


図-2 EP添加率(%)と滑材比重の関係(g/cc)

(4)滑材の粘性

滑材の粘性は、粘土とCMCを適当な割合で清水に懸濁・溶解させることで得られる。しかし粘性が大きすぎるとポンプ圧送時に圧力損失が高まり、逆に粘性が小さすぎるとEPの分離の原因になる。このため、最適な粘性範囲を粘土とCMCの割合を変えて測定する。

検討ケース：12の検討ケースの内、2ケースについて述べる。

- 1,000ml容のビーカーに水道水を500ml採り5%の粘土を撈拌させながら投入する。15分間の撈拌後、数%のCMCを投入してさらに15分間撈拌する。さらに湿潤EPを4%添加して10分間撈拌し、撈拌後の滑材の粘性度を測定する(図-3)。
- a)終了後、30日間放置した後の滑材の粘性度を測定する(図-4)。

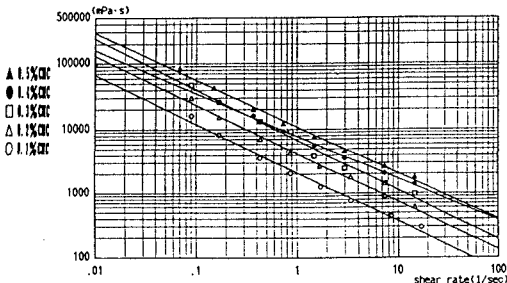


図-3 CMCの割合変化による撈拌直後の粘性度

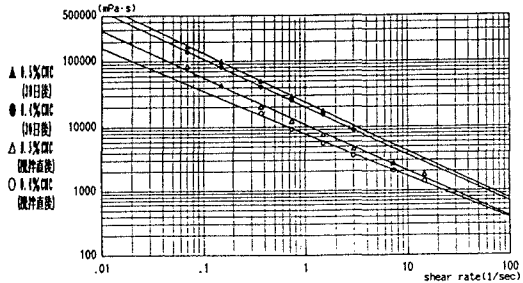


図-4 撈拌直後と30日後の粘性度

結果：CMC添加量の少ないもの(0.1~0.3%)は撈拌直後も粘性が低く、数日の内にEPの分離が認められた。

反対にCMC添加量の多いもの(0.4~0.5%)は粘性が高くまた30日経過後もEPの分離は認められない。

以上から、滑材の配合を粘土 5%+CMC 0.5%+湿潤EP 4%と決定する。

また、決定した滑材の比重は0.75である。

(5)耐アルカリ性

当工法は滑材をライニングとヒューム管との間隙に注入するため、強アルカリであるライニングに直に滑材が接触することになる。このアルカリが滑材(特にCMC)に悪影響を及ぼす(CMCが増粘効果を失い、EPの分離を招く)恐れがあることから滑材のライニングに対する健全性(耐アルカリ反応性)を測定する。

方法：ライニング材を透明容器に200ml採りこれにほぼ同量の滑材を採る。その後ライニング材と滑材との接触面に遊離水が発生するかを観測する(写真-1)。

結果：30日経過時点においてライニングと滑材との接触面には、分離水(分離EP)は認められていない。

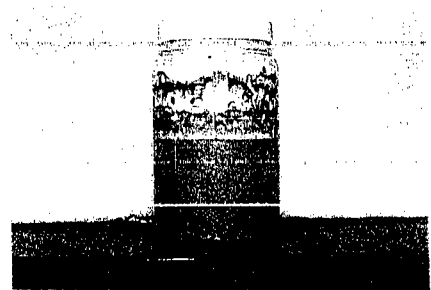


写真-1 耐アルカリ性試験状況

4. おわりに

平成6年度に実施した試験(配合試験・性状確認試験等)で、ライニングによって劣化しない、さらにヒューム管のみかけ比重にあわせた低比重の滑材について実用化の目途を得ることができた。

現在二層注入方式推進工法のみでなく、管被膜推進工法及び一般の推進工法に適用拡大を計画している。