

III-271 小断面シールド工法においてレジンモルタルを使用した トンネルライニング打設方法の実験的考察(その5)

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 〇牧 春久

同上

同上

正員 楠本 広

同上

同上

正員 広瀬 孝司

1. まえがき

電電公社では小断面シールド工法におけるトンネルライニング施工法として、高速施工の可能なレジンモルタルの現場打設に関する研究を行っている。その一部については既に(その1)～(その4)で報告している。

本報告はそれらに継続するものであり、実物大の実験装置を使ってレジンモルタルの混合打設実験を行い、レジンモルタルの材料分離および打設直前におけるレジンモルタルと硬化液の配合比特性について実験的考察を行ったものである。

2. 実験の概要

2.1 実験装置。本実験で使用する実験装置は、レジンモルタル・硬化液および洗浄液タンク等を積んだ材料運搬車、運搬車と混合打設機を接続する連結装置、レジンモルタルと硬化液を混合し打設する混合打設機およびレジンモルタルのライニングを成形し硬化後にこれに反力をとって脱型する型枠装置から構成されている。(図-1)

2.2 材料。使用した材料の配合は表-1に示すとおりである。

2.3 実験方法。実験は2.1で述べた各装置を使用し、レジンモルタルをコンプレッサーによる空気圧で、硬化液を定容量ダイヤフラムポンプで同時に混合打設機に送給し、ここで、これら二液を混合し、型枠装置内へ打設・成形するものである。

2.4 測定項目および方法

(1)材料分離--本工法で使用するレジンモルタルは、樹脂量が20%と通常のレジコンクリートの場合(約10%)に比べて多いため、粘度が低下すると短い時間に材料分離を起こし、樹脂分だけが圧送され不均一充填の原因となる。また、これをくり返すことにより送給パイプを閉塞することにもなる。この材料分離を防止するためにシリカの超微粉末(材料分離防止剤)を添加し、材料分離度(図-2)と三等分点截荷による曲げ強度(供試体寸法6×6×24cm)の関係を規定した。

また、この結果得られた材料分離防止剤の添加量で、実物大の混合打設実験を行い、その効果を確認した。

(2)配合比特性--本工法で使用するレジンモルタルは早強性が必要条

件となるため、レジンモルタルと硬化液を別々に混合打設機へ送給しその配合比を2.5±1.0phr(40%)にする必要がある。このため、実物大混合打設実験で送給条件をかえて、レジンモルタルおよび硬化液の送給重量をロードセルを使用し測定した結果から、配合比の変動率を求めた。送給条件は、表-2に示すとおりである。使用したロードセルは、新興製のC3P1、

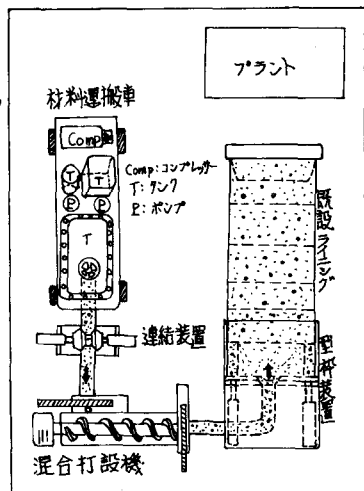


図-1 実験装置概要図

表-1 材料および配合

分類	主材料	配合
結合剤 (R)	不飽和ポリエステル樹脂	R:(G+P) =1:4
骨材 (G)	川砂	G:P=7:3
微細なシリカ (F)	炭酸カルシウム	
硬化剤	メチルエチルケトンパーオキシド	2.5±1 phr*
硬化促進剤	オクタン酸コバルト (OC)	2phr
硬化促進補助剤	N,N-ジメチルアミン (DMA)	0.1~0.5phr
重合禁止剤	ハロゲンベンゼン (PBA)	0.03~0.07phr
材料分離防止剤	シリカ (超微粉末)	

phr: parts per hundred resin 樹脂100に対する添加量(重量%)

phr=1000MEKPO/R

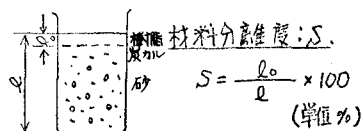


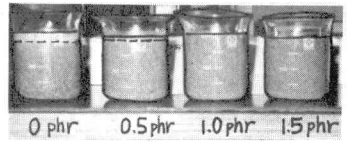
図-2 材料分離度測定

表-2 送給条件

項目	送給9分	A	B	C	備考
レジンは外送給長	4.2m	5.3m	3.6m	管径80mm	
硬化液送給長	5m	12m	6m	硬化液濃度55% ※ 30%	
レジンは外温度	18~22℃	9~16℃	19~24℃	モルタルを温めたため室温以上に設定	
室温	18~24℃	12~18℃	8~15℃	実験室内温度	

表-3 材料分離防止剤の添加量と分離度・曲げ強度

材料分離防止剤添加量	15分	30分	1h	14h	24h	6m	供試体曲げ強度(φ4h)
0 phr	0	8	11	29	29	29	157 kg/cm ²
0.5 phr	0	0	1	3	5	6	144 kg/cm ²
1.0 phr	0	0	0	0	0	5	152 kg/cm ²
1.5 phr	0	0	0	0	0	2	141 kg/cm ²



(写真-1) 1時間後の材料分離

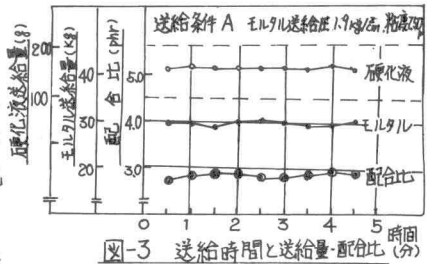


図-3 送給時間と送給量・配合比(分)

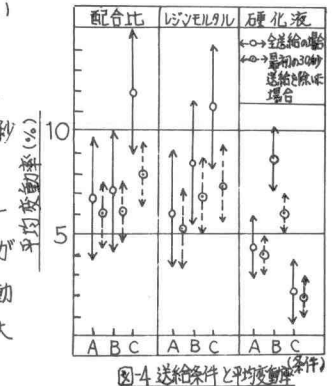


図-4 送給条件と平均変動率(条件)

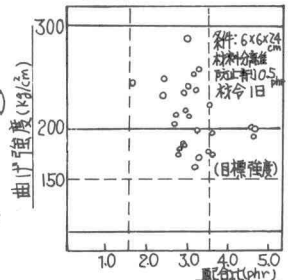


図-5 配合比と曲げ強度

およびT3PIである。

3. 実験結果および考察

実験結果を表-3、写真-1および図-3~5に示す。

3.1 材料分離に関する考察

(1)表-3は、材料分離防止剤の添加量と時間による材料分離度および材料1丸の曲げ強度の関係を示すものである。この表より添加量としては0.5~1.0 phrで十分であり、また強度へ与える影響も小さいと考えられる。1時間後の分離状況と写真1に示す。

(2)材料分離防止剤の作用は次のように考えられる。材料が静止しているときは、表面のSiOH基が水素結合を作り、モルタル中の樹脂相互を結びつけて弱い網の目構造を作っている。この網の目構造は弱いため外力により容易に破壊され鎖状の結合粒子に変わり、外力を取り去り静置すると再び弱い網の目構造の結合ができて材料分離を防止する。

(3)上記の結果をもとに実物大混合打設実験では約0.5 phrの材料分離防止剤を添加したが送給は良好でパイプ内の目詰りもなく、供試体による曲げ強度も図-5に示すように本工法における目標値を満足していた。

3.2 配合比特性に関する考察

(1)レジンモルタルおよび硬化液の送給重量を30秒毎に測定した一例を図-3に示す。図-3よりモルタルおよび硬化液の送給変動は非常に小さいことが分る。これは、モルタルの送給圧力を一定にし、また硬化液を定容量ダイヤフラムポンプで送給しているためである。

(2)表-2に示す条件下で、実物大混合打設実験を各6回繰り返し、各回の30秒間送給量および配合比の変動から、20に対する変動率の分散分析を行いA、B、Cでの母平均の区間推定(95%信頼区間)を行った結果を図-4に示す。図-4より、モルタルおよび硬化液とも送給ホース長が長くなるほど変動率は、大きくなることが分る。(条件AとBの比較) また、モルタルの変動は最初の30秒が大きな影響を与えていることが分る。

(3)特殊条件Cで、モルタルの変動率が大きくでているのは、材料温度と送給ホースとの温度差が大きいため、ホース内に既に付着しているモルタルの壁面抵抗が条件AおよびBの場合より大きくなったものと考えられる。また、硬化液の変動率が小さくなったのは、AおよびBより濃度が低いため単位時間の送給量が増大し、その結果、小さくなったためである。

(4)本実験の場合のような目的値(配合比)の間接測定における最大起りうる誤差は、誤差伝播より(1)式のように表わされるが、 $|4P/P| = |4Rem/Rem| + |4Mek/Mek| + \dots$ (1) 本送給方式においては、硬化液の定容量ポンプ(但し、P:配合比、Rem:モルタル、Mek:硬化液)による追従性がよいため、(1)式で与えられる値よりも小さな変動率となる。

4. むすび

以上の実験結果より、材料分離に対してはシリカの超微粉末が効果のあることがまた、配合比特性に対しては本装置類で十分見通しのあることが分った。今後は、実物大リングの強度特性試験を行う予定である。(参考文献) 1「誤差論」-瀬正徳、