

NTT 茨城電気通信研究所 正員 ○ 山口 幸 太 郎

" " 阿 南 修 平

1. まえがき

NTTでは、通信ケーブル収容を目的とした内径1.2 mのトンネルを集中制御によって自動築造する小断面シールド工法(D1200-M2)の実用化を行った。本工法ではライニングを現場打設方式によって築造していることが大きな特徴である。ライニング材料としては早強性でしかも高強度を有し配筋を必要としないレジンモルタルを採用している。このレジン材料は一般のセメントコンクリートに比べ価格の高いことから、このレジンモルタルの配合特性を検討し、経済化を試みたのでその経過について述べる。

2. ライニング材料の要求特性と現行配合

本工法に使用するライニング材料には、施工時の仮設材としての短期強度やホース内空気圧送(材料運搬車からシールド機内型枠装置までの約6 m)のための流動性並びに永久構造物としての長期強度等が要求されるため、表1に示すような要求特性(安全率:短期2、長期4)を設定している。表2は現行の配合であり、主成分は樹脂として不飽和ポリエステル及び増量材として川砂と炭酸カルシウム(以下「炭カル」と略す)を用いているが、この配合における価格構成比は樹脂が材料全体の60数%を占めているところから、経済化は樹脂配合比(主成分に占める樹脂の重量比率で現行は20%)を低減できるか否かという観点から検討を行った。

3. レジンモルタルの粘度特性の検討

現行配合において樹脂配合比を減らした場合、強度的な低下は小さいもののモルタル粘度が急増するという一般的傾向は既にわかっていたが、さらに炭カル/増量材比の粘度特性に与える影響も加味して粘度を測定した結果が図1である。この図から、粘度が最低値を示すときの炭カル/増量材比が樹脂配合比によって変化する傾向にあるようだが、樹脂100に対する炭カルの重量百分率(単位 phr)に着目すると、いずれの樹脂配合比においても炭カル量が20phr前後で粘度が最低となっている。しかしながら炭カル/増量材比を操作しても樹脂配合比を低減した場合には目標の粘度を達成することが難しく、粘度を低減するための他の手段を講じる必要があることが明らかとなった。

4. レジンモルタル粘度の低減に関する検討

粘度を低減する方法としては次の2つが考えられる。

(1)骨材の粒径を均一化し、均等係数を小さくすることによって骨材の流動性を向上させる。具体的には川砂に粒度調整された珪砂を加える。

(2)樹脂自体の粘度を下げる。具体的には樹脂のスチレン濃度を上げる。

これらの方法の有効性を確認するため、樹脂の種類(スチレン濃度の大小)、樹脂配合比、珪砂の有無、炭カル量等の要因を変化させ、表3に示す配合に対して粘性試験を行うこととした。配合中で珪砂の量は川砂:珪

表1 ライニング材料の要求特性

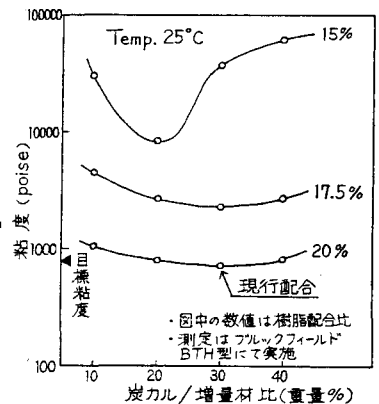
要 求 項 目		要 求 特 性
早 強 性	圧縮強度	25分 88 kg/cm ² 以上
		45分 334 kg/cm ² 以上
	曲げ強度	90分 75 kg/cm ² 以上
		1日 150 kg/cm ² 以上
成 形 性	粘 度	800 poise以下
	低 収 縮 性	クラック発生のないこと
水中接着性	曲げ強度	1日 150 kg/cm ² 以上

(注) 早強性:曲げ強度(1日)は150 kg/cm²以上であるが、図3の目標強度は286 kg/cm²となっている。これは水中接着曲げ強度(水中で打設した場合の継目強度)が150 kg/cm²以上となるにはこの程度必要と判断しているためである。

表2 ライニング材料の配合

材 料 名		重量配合比
液 状 レジン	主 成 分 不飽和ポリエステル樹脂	20 %
	川 砂 (粒径3mm以下)	56 %
	炭 酸 カ ル シ ウ ム	24 %
	添 加 剤 硬 化 促 進 剤	1.3 phr
	分 離 防 止 剤	0.75 phr
硬	化 剤	3.0 phr

(注) phr:樹脂に対する重量百分率



砂=1:2と一定にしており、また樹脂Bは現合の樹脂Aのスチレン濃度を約5%増加させたものである。図2に実験結果を示す。この図において、上記の(1)及び(2)の粘度低減効果はそれぞれIVシリーズ及びVシリーズの配合によって知ることができる。すなわちIV、Vシリーズとも

IIシリーズ(現行配合で樹脂配合比を17.5%に減じたもの)に比べ最大で1/3近い粘度低減効果のあることが判明した。このため樹脂配合比を17.5%に落としても目標粘度をクリアする配合(IVb, IXb, c)の得られることが明らかとなった。しかし樹脂配合比を15%まで低減した場合には(1)(2)を併用しても(配合VIII)約200poiseと高く、樹脂配合比の低減は17~18%までが限界との見通しを得た。

5. 強度特性の検討

強度試験は表1の要求特性のうち圧縮強度(25分、45分)と曲げ強度(90分、1日)について行った。試験法はそれぞれJIS A1182及び1184によっている。配合は表3と同じである。図3及び図4に実験結果の一部を示すが、結論的には粘性試験をクリアしたIVb, IXb, IXcの配合についてはいずれも目標強度を上回っており、実用に供し得る見通しが得られた。しかしながら現行配合の強度(曲げ強度[1日]約290 kg/cm²、圧縮強度[45分]約420 kg/cm²)に比べると、曲げ強度については同等あるいはそれ以上の強度が出ているものの、圧縮強度についてはいずれの配合もこれを下回っている。この点から、本実験の配合の範囲内では樹脂配合比の低減は圧縮強度に大きく作用することが判明した。また、図3においてVIとIVの傾向が逆転していること及びVIIとIXがかなり低い値を示している点は骨材の樹脂に対する重量比率が関係していると考えられる。(図5参照)

6. まとめ

以上の結果、樹脂配合比の低減は17.5%までが限界であることが判明し、具体的な配合としてIVb, IXb, IXcを見出した。この配合による経済化率は約5%である。今後は水中接着性、低収縮性等についても検討が必要である。また、本実験は樹脂量を低減し経済化できる配合を見出す目的で行ったため、配合の違いによる強度変化の一般的傾向を把握するにはデータが不足していたが、さらにこの点の追究を行い、最適配合設計に反映させる予定である。

表3 試験配合 (表中の数値は重量百分率)

供試体番号	Ic	IVb	IVc	IVd	Vb	Vc	Vd	VIa	VIb	VIc	VII	VIII	IXb	IXc	IXd
樹脂 A	20.0	17.5	17.5	17.5	—	—	—	15.0	15.0	15.0	—	—	—	—	—
樹脂 B	—	—	—	—	17.5	17.5	17.5	—	—	—	15.0	15.0	17.5	17.5	17.5
炭酸カルシウム	24.0	17.5	21.0	24.5	17.5	21.0	24.5	15.0	18.0	21.0	24.0	18.0	17.5	21.0	24.5
川砂	56.0	21.7	20.5	19.3	65.0	61.5	58.0	23.4	22.3	21.3	61.0	22.3	21.7	20.5	19.3
珪砂(3号)	—	43.3	41.0	38.7	—	—	—	46.6	44.7	42.7	—	44.7	43.3	41.0	38.7

(注)樹脂Aは現行のものでスチレン濃度47%,樹脂Bはスチレン濃度を52%に増やしたものである。

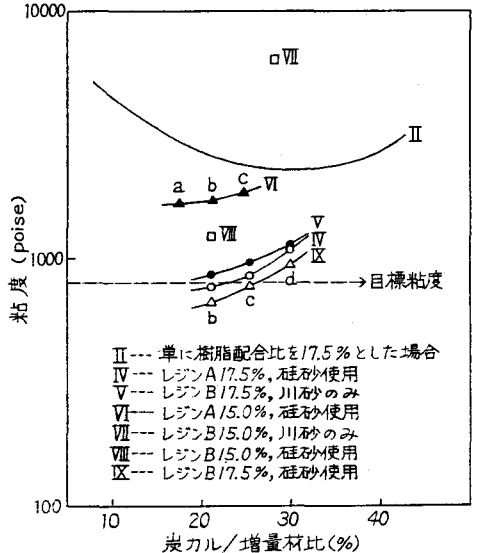


図2 粘度測定結果

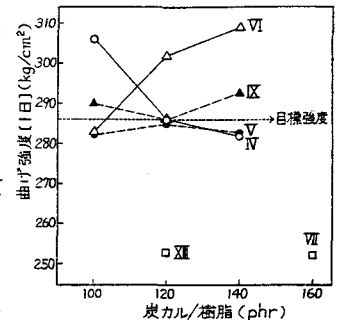


図3 曲げ強度試験結果

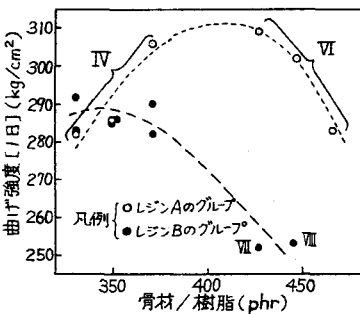


図5 骨材量(川砂,珪砂)と曲げ強度の関係

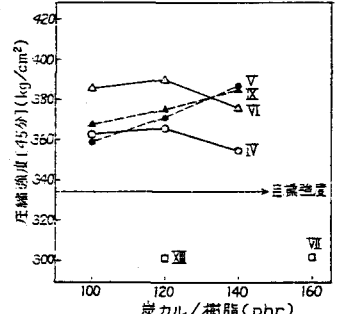


図4 圧縮強度試験結果