

NTT

茨城電気通信研究所 正員 ○田 中 憲 二

〃

〃

正員 森 光 武 則

〃

〃

阪 田 秀 明

1. まえがき

通信ケーブル、上下水道、電力、ガス等の地下設備は、その大部分が路面からの開削工法により施工されている。しかしながら、近年では道路交通事情の悪化、占用物件の輻輳等、施工環境の変化によって開削工法による施工が困難な場合が多くなり、削進工法、小口径推進工法等の非開削工法が広く適用されており、NTTにおいても非開削トンネル工法の研究開発を積極的に行っている。本資料は小口径トンネル築造工法における新しいライニング材料の研究結果について報告するものである。

2. ライニング技術の概要

本工法におけるライニング技術の概要図をFig. 1に示す。最も大きい特徴は防護管を発進立坑から元押しする方法に代わり、トンネル掘進機後部に設けられたライニング生成部のモールド内に、外部からパイプ輸送された発泡プラスチック材料を混合注入して、プラスチックフォーム製のライニング材を生成させることである。このライニング材はシールド工法におけるセグメントと同様な役割を果たすものである。

3. ライニング材への要求条件

Table 1に仮設構造物として位置付けているライニング材の機械特性の目標値を掲げた。機能面における要求条件は以下のとおりである。

- (1) 先端ヘッドの貫入および掘進機本体部の推進に必要な圧縮強さ、圧縮弾性率を有すること。
- (2) 土圧、水圧等に耐える曲げ強さを有するとともに、ライニング継目部の強度と水密性が得られること。
- (3) モールドからの脱型が容易で、ライニングの破壊が生じないこと。

4. 原料の選定

上記条件および現場生成、パイプ輸送の各条件を勘案し、代表的な硬質プラスチックフォームの特性をTable 2に評価した。そして強度特性、生成法ならびにパイプ輸送に適したウレタン系硬質プラスチック材料を選定した。

5. 机上実験結果

硬質ウレタンフォームをライニング材に適用する場合に必要な基本的機械特性を明らかにする目的で、各種机上実験を行った。

(1) 圧縮強さ

Fig. 2はポリオール、イソシアネートの二液を混合してからの経過時間と圧縮強さの関係を示している。図から分かるように1時間程度で最終強さに近い値が発現している

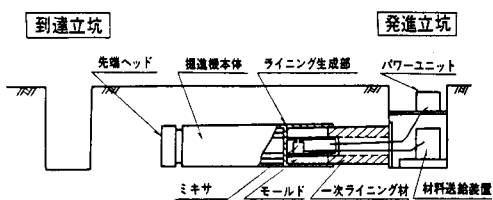


Fig.1 ライニング技術概要図

Table 1 ライニング機械特性の目標値

項 目	目 標 値	条 件
圧 縮 強 さ	3.0MPa以上	ライニング外径35cm、内径20cmとして施工実績値をもとに算出した値
圧縮弾性率	190MPa以上	
曲 げ 強 さ	1MPa以上	
耐 水 圧	0.1MPa以上	地下水位以下10mで漏水のないこと
付 着 力	—	脱型時にライニング材が壊れないこと

Table 2 硬質プラスチックフォーム特徴表

項目 種類	強 度		生 成 法			パイプ 輸 送	評 価
	圧 縮	曲 げ	モールド 発 泡	現 場 発 泡	後処理 必要性		
スチレン	○	○	×	×	×	×	×
塩化ビニール	△	△	○	×	×	×	×
フェノール	△	△	○	○	×	○	△
ユリア	×	×	○	○	×	○	△
エポキシ	×	×	○	○	○	○	○
ウレタン	○	○	○	○	○	○	◎
シリコーン	×	△	○	○	○	○	○

とともにモールド温度に依存性があることが認められた。これから、早強性材料として現場生成ライニングに適していることが分かった。Fig. 3 は代表的な応力～歪曲線図である。図に示すように、明確な降伏点を示すものが多く、また、密度が大きいものが圧縮強さも大きい値を示し、要求強度を満足することが分かる。

(2) 曲げ強さ

Fig. 4 に曲げ試験結果による曲げ強さと密度の関係を示す。実際のトンネルライニングには施工の打継目が有るため曲げ試験片の中央部に直(90°)、斜(45°)の継目を作ったものも試験した。図から分かるように、曲げ強さと密度は相関があり、密度の大きさにより曲げ強さが決定される。継目の存在による曲げ強さの減少は僅少であり、継目部が構造上の欠陥とはならないこと、および十分な強度を有していることが分かった。

(3) 水密性・付着力

ライニングの打継目は地下水の浸入が無いことが要求されるため、前項の曲げ試験と同様の試験片を作製し、Fig. 5 に示す加圧水槽形試験装置を用い、水密性の試験を実施した。水槽内は0.1MPaに保ち、経過時間ごとの水压の変化と継目からの漏水量を測定した。結果は良好であり、継目の漏水は全く無く、圧力変動も7日間でゼロであった。付着力についても要求条件を満足することが分かった。

6. まとめ

以上、小口径トンネルのライニング技術として、現場生成ライニングシステムを提案し、そのライニング材料の要求条件を検討した結果、硬質ウレタン系発泡材料が本システムの要求条件に最も適応することが明らかになった。また、ライニングとして必要な機械特性について机上実験を行った結果、目標値あるいは要求条件を満足するデータが得られ、ライニング材料として使用する可能性が明らかになった。今後は、実際のトンネル掘進機の機能を持たせたライニング生成装置により連続打設実験を行い、送給性、成形性等の確認を行う予定である。

参考文献

- 1) 牧廣ほか; プラスチックフォームハンドブック, pp67~250, 1973, 日刊工業新聞社

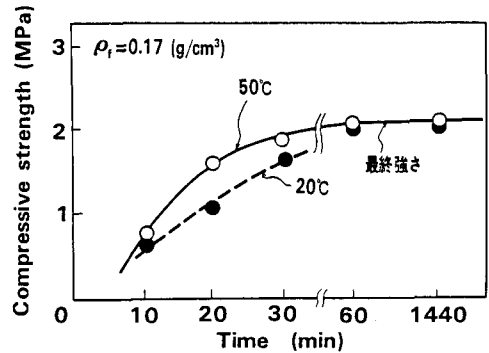


Fig.2 経時変化特性

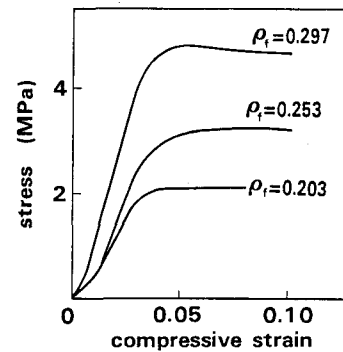


Fig.3 応力～歪曲線

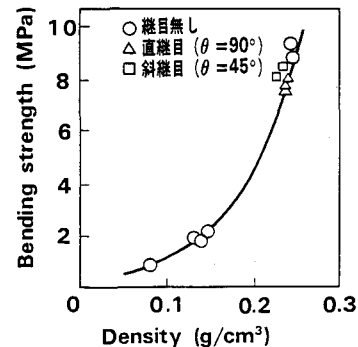


Fig.4 曲げ強さ

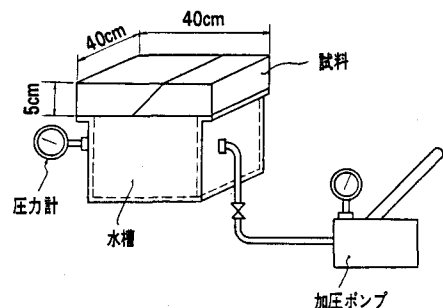


Fig.5 水密性試験装置