

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 ○広瀬 孝司
 同 上 正員 東 百道
 同 上 正員 牧 春久

1. まえがき

電々公社では、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、高速施工が可能なレジンモルタルの現場打設を検討中である。本工法は、レジンモルタルをトンネル先端部まで運搬し、そこで硬化液を混合して型枠内に打設、成形するものであり、レジンモルタルの硬化後、脱型ジャッキを伸ばし型枠装置を前方にスライドさせることによって脱型し、地中にトンネルライニングを築造する工法である。

本報告は、トンネルライニングの脱型力の低減化及び曲線施工時の発生曲げ応力の低減を目的として、型枠の材質の検討を行ったものである。

2. 型枠の脱型法及び曲線施工

実物大の地上実験装置として、現在使用している型枠装置を図1に示す。1打設で成形されるトンネルライニング寸法は、 $120 \times 10 \times 50 \text{ cm}$ (内径×厚さ×1打設長)である。(写真1参照)

型枠内のレジンモルタルが硬化した後、まず収縮ジャッキにより内型枠を締め、硬化したモルタルを内型枠からはく離させる。次に脱型ジャッキを伸ばし、型枠装置が前進することにより脱型する。内型枠はレジンモルタルとはく離性の良い超高分子量ポリエチレンを使用しているために、収縮

時の力は小さい(30程度)が、外型枠は鉄製のために、脱型時の力(脱型力)は大きくなっている。

型枠の脱型長と脱型力の測定例を図2に示す。最大脱型力は、外型枠とモルタルがはく離する瞬間に表われ、その後の脱型力は $\frac{1}{3}$ 程度に減少する。

地中において、型枠装置を脱型と同時に前進させる際の地山と型枠との摩擦を考慮すると200以上の大容量ジャッキが必要となるが、小断面の型枠装置内に実装することは設置スペース上から問題がある。したがって、型枠にはレジンモルタルとの付着力、摩擦力ともに小さい材料を使用する必要がある。

レジンモルタルはリング成形上から、膨張性を持たせてあるため、硬化後も型枠に密着した状態にある。そのため、トンネルの曲線施工の際に型枠の剛性が高いと既設ライニング部に過大な曲げ応力が発生することが予想され、また曲げ反力のために型枠との摩擦力が増加して脱型力が大きくなる可能性がある。したがって、型枠は曲線施工の際

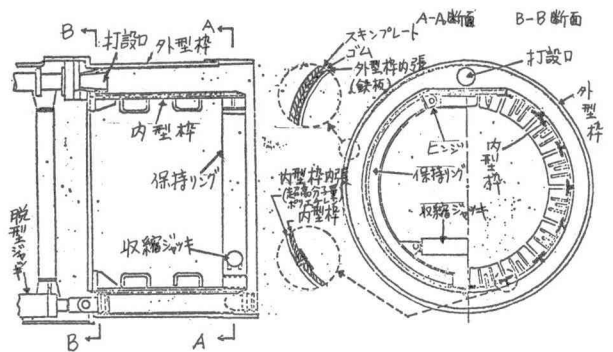


図1 実物大実験装置の型枠モデル

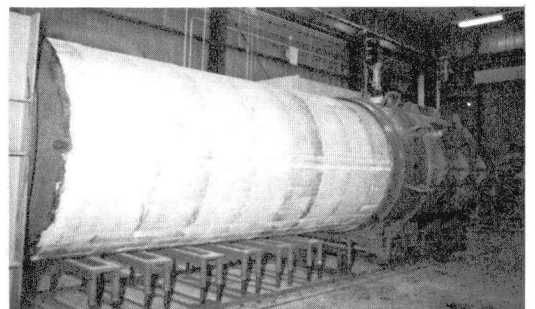
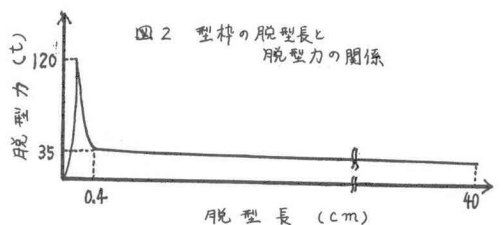


写真1 成形されたトンネルライニング



に図3のように折れ角が取れるような構造とすることが必要である。内張材は収縮構造とすることによって対応可能であるが外型枠では内張材に速度の弾性を持たせることが必要である。

3. 型枠内張材の付着力実験

型枠内張材の実装方法は、図4の3タイプが考えられるが、内張材に要求される条件は次のものである。

- (1) レジンモルタルとの付着力及び摩擦力が小さい。
- (2) 内張材として型枠に固定が可能である。
- (3) 脱型時の発生応力に対して十分な強度がある。
- (4) 弾性係数が小さく、ひずみ能力が大きい。
- (5) スチレン等に侵されず耐摩耗性がある。

これらの条件から選んだ、各種材料の付着力及び摩擦力を比較するために供試体(図6参照)による実験を行った。

レジンモルタルは小断面シールド工法で使用する標準配合のものを使用し、大気中と水中において打設した。試験時間及び載荷速度は、実機の脱型に対応してそれぞれ、45分、10 cm/min とした。

実験結果を図7に示す。また、図8に鉄の引抜実験における引抜き量と引抜き力の関係を示した。

図2と図8を比較すると、供試体の寸法効果等によって付着応力度には差はあるものの、その載荷曲線は相似形をしており、両者の関係から他の材料の脱型力が推定できると考える。

この実験結果及び内張材の要求条件から総合的に判断してみると、実装方法のタイプAとBでは超高分子量ポリエチレン、タイプCではフッソゴムが優れていると考えられる。

そこでさらに、この2つの材質及び鉄について、リング状の小型モデル型枠(図9参照)によって押抜き力を測定したところ、脱型力は大幅に低減できる見通しが得られた。

4. あとがき

付着力は、金属系の材料よりも高分子系の材料の方が小さいとの結果が得られたが、さらにこれらの材料について、耐薬品性、耐摩耗性、機械的強度特性を明らかにしていくことが今後の課題である。

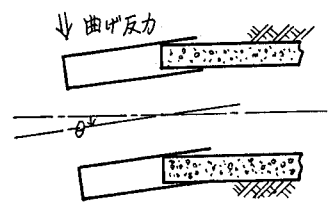


図3 型枠の曲線施工時

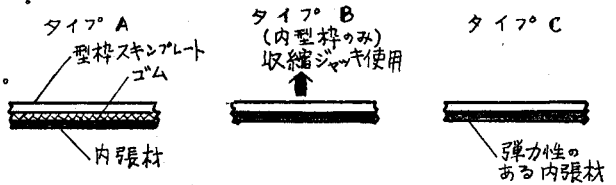


図4 型枠内張材の実装方法

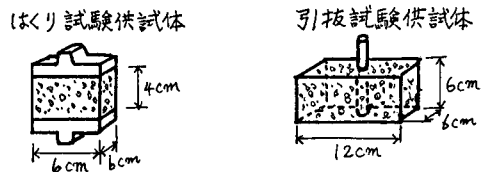


図6 付着力測定用供試体

材料名	付着力 (kg/cm ²)					
	0	10	20	30	40	50
鉄						
純アルミ						
高力アルミ						
耐食アルミ						
高力亜鉛						
チタン						
テフロン						
ジュラコン						
ポリカーボネート						
超高分子量ポリエチレン						
フッソゴム						
天然ゴム						

← 引抜実験
→ はく離実験

図7 付着力実験結果

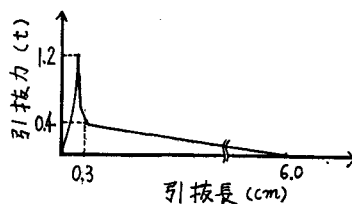


図8 引抜き長と引抜き力の関係

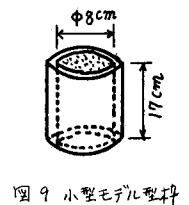


図9 小型モデル型枠