

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 ○中西 信輔
後 藤 淳

1. ま え が き

電電公社では通信用ケーブルを最大 40 条まで収容できる小口径トンネルを早強性レジンモルタルの現場打設によって築造する小断面シールド工法 (M-2) の開発を進めている。本工法はシールド機械に装備した混合打設機によってレジンモルタルと硬化液とを自動で混合しライニング型枠装置の中に打設して、内径 120 cm、厚さ 10 cm、長さ 50 cm のライニングを連続して現場で自動成形してトンネルを築造するものである⁽¹⁾。このため、このトンネルライニングが所定の寸法と強度を有しているかどうかを確認するための非破壊検査法ならびにクラック発生した場合の補修方法の確立が必要である。本報告では、レジンモルタルライニングの非破壊検査法として超音波法による強度推定およびライニング補修法として銅板による補強法の検討内容を述べる。

2. 本工法におけるライニングの検査と補修

本シールド工法におけるライニングの検査と補修方法の流れを図-1 に示す。不飽和ポリエステル樹脂等のレジンモルタルライニング材料は納入時に低収縮性、硬化時間等がチェックされる。レジンモルタルと硬化液とを混合するライニング打設工程と硬化完了後の脱型工程はすべて中央制御装置によって自動制御されるシステムになっており、打設時の諸データ (硬化液配合比、その他) を監視記録することによってライニングの品質管理を行っている。さらに、脱型後のライニングに対しては必要に応じて超音波法による非破壊検査を実施し、ライニング厚と強度の計測を行う。この時の検査によって、強度不足が判明した場合あるいはライニングにクラックが発生した場合には補修を実施する。補修法としてはクラック等からの漏水に対する止水法および強度不足に対する補強法が必要である。

3. 超音波法による強度検査

本レジンモルタルライニングにおける非破壊検査法としては超音波反射法が適し、超音波の最適周波数およびライニング厚さ計測の可能性については既報⁽¹⁾で述べた。その検討結果に基づき強度推定の可能性について室内実験を実施した。今回の実験手順は図-2 に示すとおりであり、使用した超音波探傷装置を写真-1 に示す。今回の実験ではレジンモルタル供試体の強度変化の要因として、硬化液の配合比を変化させた。各供試体の強度試験 (圧縮、

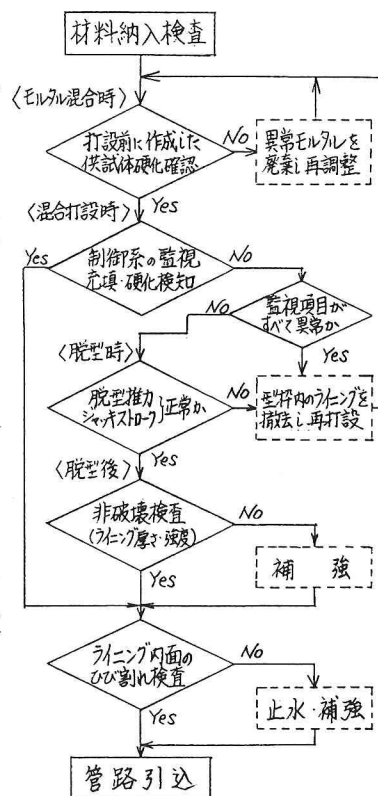


図-1. ライニングの検査と補修フローチャート

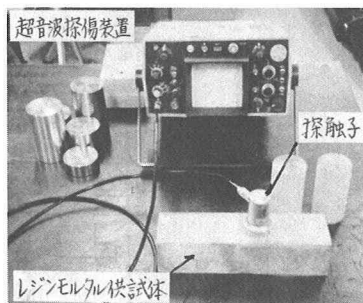


写真-1. 超音波探傷装置

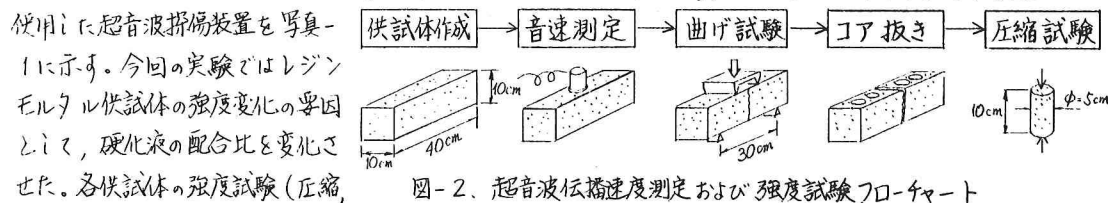


図-2. 超音波伝播速度測定および強度試験フローチャート

曲げ)の結果を図-3に示す。この配合比については従来より、硬化時間等の関係から最適配合比が3.0 phr (phr=モルタル中の樹脂分に対する硬化剤の重量百分率)と決定され、自動制御で混合打設されているが、本実験からも配合比のphr程度が適していることがわかる。モルタル中の超音波伝播速度(音速)と強度との関係については、まだ供試体の強度の変化量が少ないため明確な相関関係を得ることができなかったが、伝播速度が約3,200 m/sec前後であることが判った。今後は、さらに幅広い強度を持つ供試体に対して同様の実験を行い、本レジンモルタルにおける音速と強度との関係を明らかにする予定である。(図-4参照)

4. ライニング補修実験

本レジンモルタルライニングの補修法としては、狭いトンネル内部からの施工に限られる等の条件から、ライニング内面に鋼板を接合して補強するとともに鋼板とライニング内面との間に接着剤樹脂を注入して止水する方法を採用することとした。そこで鋼板接合による補強効果を知るための室内実験を行った。図-5に示すように、下面にクラックの入ったレジンモルタルリング(長さ50cm)の内面に補強鋼板(厚さ3.2mm)をアンカーボルト(φ12mm, 計16本)によって接合した補強リングの圧壊試験を実施した。このとき、アンカーボルト軸力、鋼板内面応力およびライニング外面応力をひずみゲージで計測した。圧壊荷重は表-1に示すとおりであり、リング強度上は十分補強効果のあることが判った。アンカーボルト軸力分布(図-6参照)はトルク計で均一に締付けたが現場施工であるため定性的な分布が得られなかった。しかし、引抜力は最大値でも690kgであり耐荷力(1,200kg)以内であった。鋼板内面応力(図-7参照)もクラック部で最大引張応力380kg/cm²が発生しているが、許容応力(1,400kg/cm²)より小さいため鋼板厚をもう少し小さくできると考えられる。ライニング外面応力(図-8参照)は一般リングの場合よりも大きな値を示しており、補強効果の現われと考える。補強効果の実験に引続き、今後は止水法の検討を進める予定である。

(参考文献)① 中野「レジンモルタルトンネルの土木学会 非破壊検査法について」第10回年次技術講演会

	補強リングの場合	一般リングの場合
強度	9.0 ton/50cm	7.8 ton/50cm

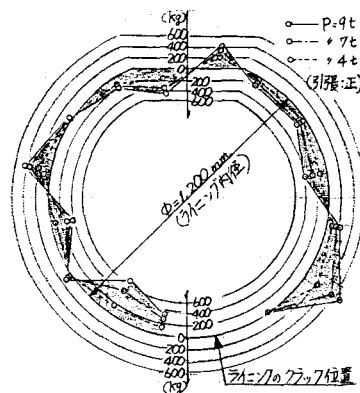


図-6. アンカーボルト軸力分布

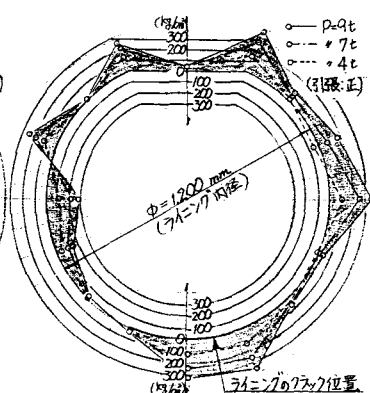


図-7. 鋼板内面応力分布

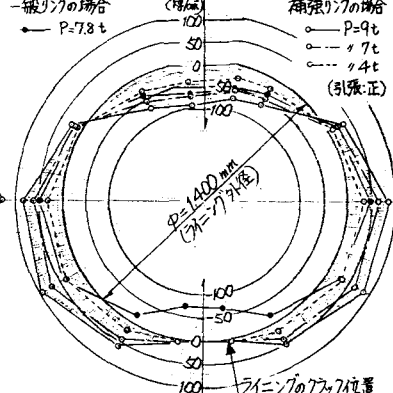


図-8. ライニング外面応力分布

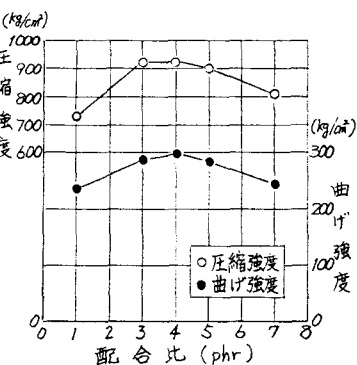


図-3. モルタル強度と硬化剤配合比

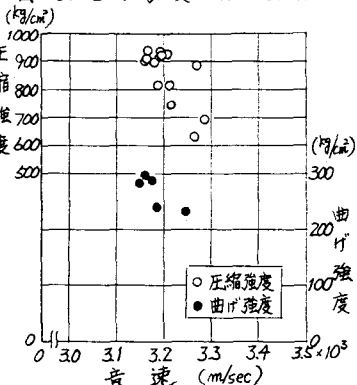


図-4. モルタル強度と音速

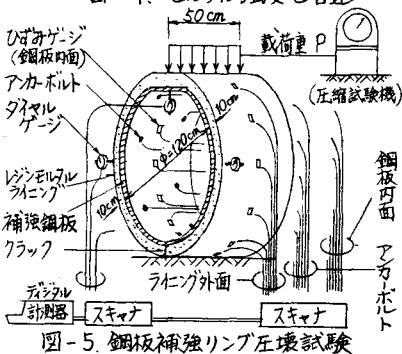


図-5. 鋼板補強リング圧壊試験