

模型実験による鋼管長尺先受け工法の効果に関する研究

鉄建建設（株）（元山口大学学生） 正○松崎 晴彦 五洋建設（株） 正 武内 秀木
五洋建設（株） 正 渡邊 伸弘 山口大学大学院 正 中川 浩二

1. はじめに

本研究では、トンネル掘削における鋼管長尺先受け工法の一つである AGF（All Ground Fasten）工法の効果の確認とその機構を 3 次元的に明らかにすることを目的として、逐次掘削による模型実験を行った。

AGF 工法とは、鋼管側面に噴き出し孔を有する AGF 鋼管を切羽前方地山に打設後 AGF 鋼管に注入材を注入し、切羽前方地山の改良と先受けを同時に行う工法である。

2. 実験方法

実験には長さ 100 cm、幅 80 cm、高さ 70 cm のアクリル土槽を使用した（図-1）。このアクリル土槽に高さ 60 cm の位置までまき土により、地盤を作成し、半径 20 cm、土被り 0.5D（D=40 cm）の半断面トンネルを 1 掘進長 4 cm で掘削した。実験は表-1 に示す 3 種類の実験を行った。実験 C に関しては、表-2 に示す各種材料を先受部材として利用した。

変位測定は地表面沈下（縦断方向 6 箇所、横断方向 3 箇所）と地盤作成時に埋設した地中変位計（鉛直変位 3 箇所、水平変位 1 箇所）により測定した（図-2）。また、実験 C においては先受部材の曲げひずみの測定も行った。

実験では支保工、及び AGF 工法を以下のようにモデル化した。

- 1) 支保工：金網（4 cm×32 cm、65 mm メッシュ）+ スプレーのり（SS 333、3M 社製）によりモデル化した。
- 2) AGF 鋼管：鋼管のモデル化には鋼棒、銅棒、銅管、アルミ棒、アルミパイプを使用した。実験 A、実験 B では先受部材の材質を一定とし、銅棒（l=50 cm、φ=4 mm）を使用した。実験 C では、先受部材の剛性を変化させ実験を行った（表-2）。実施における AGF 工法は、トンネル掘削に先立って切羽前方地山に鋼管を打設するが、本実験においては、先受部材をあらかじめ地盤作成時に埋設することとした。
- 3) AGF 工法の注入改良体：先受部材周りを先受部材埋設時にスプレーのり（SS 333、3M 社製）により吹き付けることとした。

3. 実験結果と考察

図-3、4、5 は、実験 A の地表面沈下の測定結果を測点 No.1～3 についてそれぞれ経距変化図として示したものである。図-3 では支保工+AGF 工法の場合、変位を抑制しているが、図-4 では支保工のみと支保工+AGF 工法の差はそれほど見られなかった。図-5 では、支保工+AGF 工法の変位の方が支保工のみに比べ大きく現れている。これらのことから、AGF 鋼管の存在は、地表面沈下に効果的であるが、複数の打設シフトにより十分に先受けしなければ、鋼管が無い場合に比べ変位が増加する可能性があることを示している。

図-6 は、実験 B における地表面沈下の測定結果と実験 C の銅棒の測定結果を示したものである。実験 B、C は崩壊性の高い、極めてゆるい地山であるにもかかわらず、AGF 工法を施工した区間においてトンネルの崩壊を防いでいる。

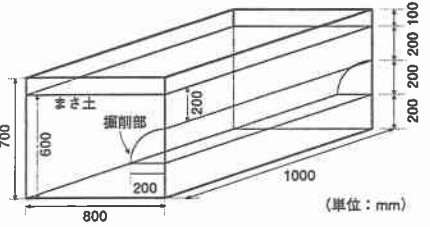


図-1 アクリル土槽

表-1 各実験の地盤状況

実験名称	締固め	含水比 (%)	単位体積重量 (g/cm³)	先受部材		
				材質	l (cm)	φ (mm)
実験 A	有り	4.20 程度	1.49 ~ 1.51	銅棒	50	4
実験 B	無し	4.50 程度	1.40 ~ 1.42	銅棒	50	4
実験 C	無し	5.00 程度	1.40 ~ 1.42	表-2	表-2	表-2

表-2 実験 C に使用した材料

先受部材	寸法			剛性 EI (kg・cm²)
	l (cm)	φ (mm)	t (mm)	
鋼棒	95	4		2640
銅棒	95	4		1508
銅管	95	4	0.6	1146
アルミ棒	95	4		886
アルミパイプ	95	4	0.6	673

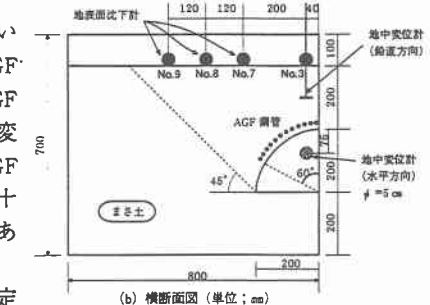
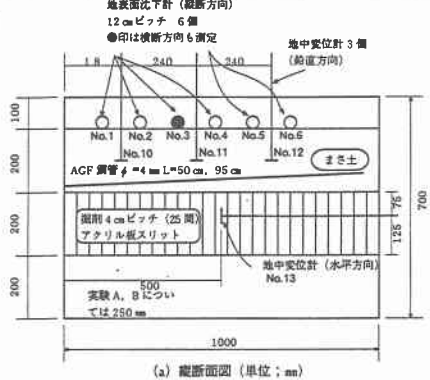


図-2 測定器の配置

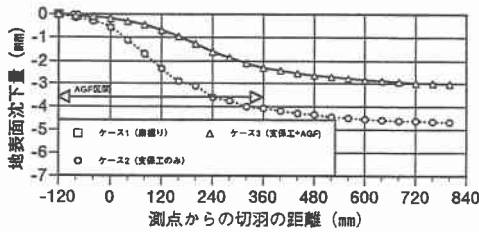


図-3 測点No1における経距変化図(実験A)

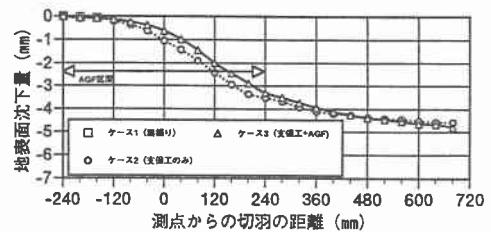


図-4 測点No2における経距変化図(実験A)

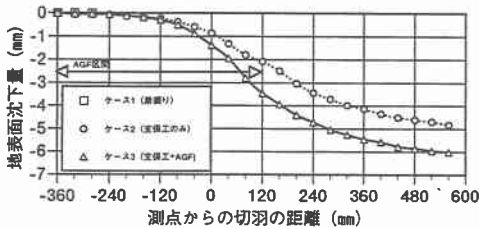


図-5 測点No3における経距変化図(実験A)

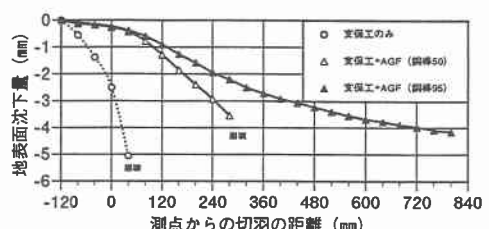


図-6 測点No1における経距変化図(実験B, C)

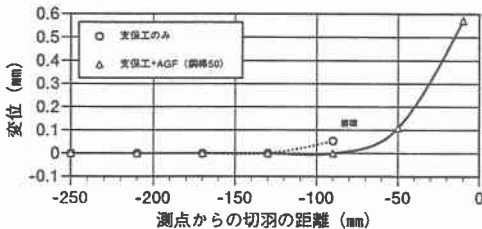


図-7 切羽の押し出し量(実験B)



図-8 横断方向の地表面の変位状況(切羽は測点の真上)

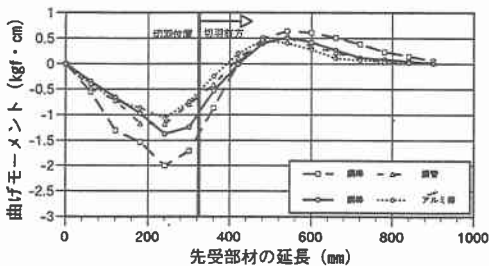


図-9 鋼管の曲げモーメント(切羽位置320mm)

は剛性が大きい場合沈下が少ないが、トンネルから離れた位置では剛性の大小による影響は見られない。

図-9には、実験Cのひずみ計測結果から求めた曲げモーメント図を示す。図は切羽が先受部材の320mmの位置にあるときの曲げモーメントの分布である。この図から、剛性の大小にかかわらずモーメントは切羽前方120mm付近でゼロをとる。このことから、切羽前方地山内に支点を有した支持機構が考えられる。

4. まとめ

AGF工法の効果の確認とその効果の機構を明らかにすることを目的として模型実験を行った。その結果、次のことが確認できた。

- 1) AGF工法によって、地表面の変位抑制効果は見られるが、その効果は鋼管の先端に近づくにともない、小さくなる。
- 2) AGF工法を施すことにより、切羽の安定性が高められ、トンネルの崩壊が防がれた。
- 3) 先受部材の剛性の影響は、地表面の沈下にはあまり影響が見られなかった。
- 4) 切羽前方の一定位置に支点があることが考えられる。