

VI-95

AGF工法の効果に関する研究～簡易設計法の提案

(株)熊谷組 正会員 ○西間木 朗
(株)熊谷組 正会員 御手洗 良夫

1. はじめに

AGF工法は、トンネルの補助工法として日本での適用が最近2、3年急増している。現場での効果は衆知されているが、その効果のメカニズムは解明されておらず、統一的な設計手法は確立されていないのが現状である。本報文では、まずAGF工法の効果を、トンネルの計測結果に基づいて評価し、2次元FEMおよび弾性床上の梁の解析によって、3次元FEMの結果と近似の挙動を把握できることを確かめ、トンネル掘削時の複雑な3次元挙動を考慮した簡易設計法の提案を行った。

2. 3次元FEMを用いたAGF工法施工時のトンネル挙動

AGF工法の設計法を考案するにあたり、AGF工法施工時のトンネル挙動を3次元FEMで解析した。解析モデルを図-1に示す。土被りは2D(Dはトンネル幅)とした。AGF工法は、AGF鋼管を梁要素で表現することによってモデル化した。地山の安全率の分布を図-2に示す。安全率から見たトンネル掘削の影響範囲は、AGF工法により25%減少した。また、トンネル切羽周囲の平均安全率は、平均1.5~2.5上がっておりAGF工法の有効性が示された。

3. 3次元から2次元へのモデル化

簡易な設計法を考案するために3次元から2次元へのモデル化を行った。AGF工法の設計で検討する項目は、①トンネル掘削を行っても地山が安定に保たれること、②AGF鋼管が降伏せずに安定に保たれること、の2点である。3次元から2次元へのモデル化は、①地山の安定に関しては2次元平面歪FEM解析を、②AGF鋼管の安定に関しては弾性床上の梁の解析を行った。

(1) 2次元FEM解析による地山の安定性検証方法

地山物性値は3次元FEMで用いた値と同様とし、注入によって改良される領域の物性値を変化させて3次元FEMで得られた変位と等しくなる物性値を求めた。その結果得られた地山の弾性係数と注入による改良率の関係を図-3に示す。地山の安定性は3次元FEMで得られた結果とほぼ同じ結果を示した。したがって、AGF工法の効果は改良域の物性値を図-3に示した値に上げることにより表現することができる。地山の安定性は、2次元FEMにより評価できる。

(2) 弾性床上の梁の解析によるAGF鋼管の安定性検証方法

弾性床上の梁の解析に使用したモデルを図-4に示す。荷重は、

3次元解析結果の変位分布からトンネル掘削の影響範囲が現れている区間の線型分布とした。バネ定数は、吹付コンクリートおよび地

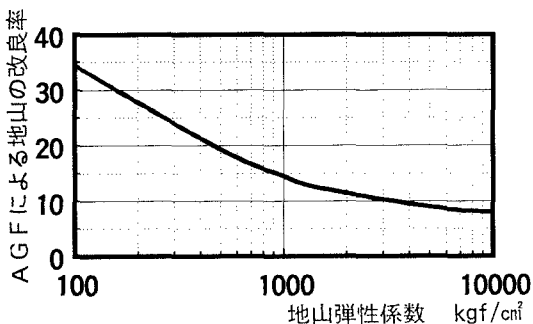


図-3 地山の改良率と地山弾性係数の関係関係

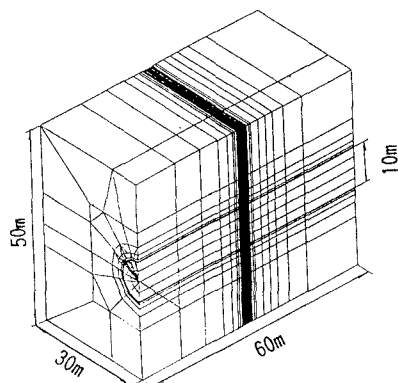


図-1 3次元FEMモデル

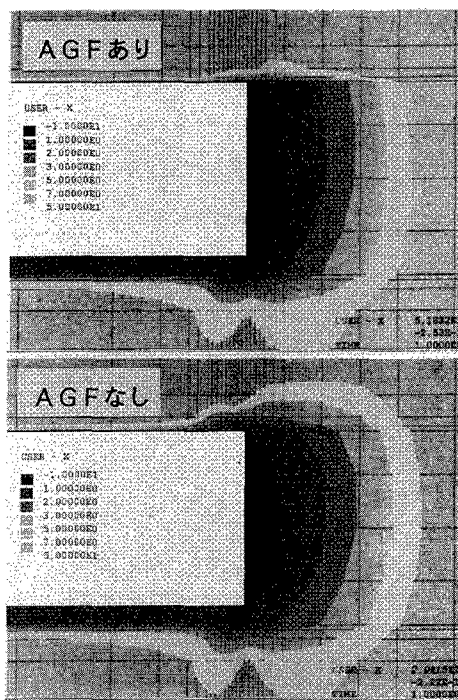


図-2 安全率の分布

山の区間でそれぞれ一定とした。図-4の P_{max} 、 K_1 、 K_2 の値を変化させて3次元FEM解析結果のモーメントに最も近似する値を求めた。図-5に P_{max} 、 K_1 、 K_2 と地山の弾性係数の関係を示す。図に示した値を用いた弾性床上の梁の解析を行うことにより、AGF鋼管の安定性を評価することができる。また、AGF鋼管の設計にあたっては、計測結果および数値解析結果が示すように、軸力の存在も無視することができないため圧縮応力の増分を考慮する必要がある。

（3）AGF鋼管間隔決定のための簡易早見表

3次元FEM解析結果をAGF鋼管ピッチ毎にまとめたのが、図-6である。地山の弾性係数と土被りが決まればAGF鋼管の応力が許容値を越えない最大ピッチが決定される。施工性からAGF鋼管の打設ピッチは30～60cmの範囲に限定され、実際の施工に見合った施工ピッチを選定する。

4. AGF工法の簡易設計法

図-7にAGF工法の簡易設計法フローを示す。AGF工法の簡易設計法の手順は、まず、図-6を用いて地山の弾性係数に対するAGF鋼管の間隔を暫定的に決定する。次に、図-3を用いた2次元FEM解析によって地山の安定性検討と、図-5を用いた弾性床上梁の解析によってAGF鋼管の安定性検討を行い最終的なAGF鋼管間隔を決定する。このようにして、簡易にAGF工法の設計ができる。

5. おわりに

AGF工法の効果を3次元FEM解析により表現できることを確かめ、さらに、地山の弾性係数からAGF鋼管の打設仕様を決定することができ、2次元FEMにより地山の安定性を、弾性床上梁の解析によりAGF鋼管の安定性をそれぞれ評価できることを示し、AGF工法の簡易設計方法を提案した。

今後は、自立性の特に悪い地山の挙動の把握のために、不連続性の考え方を取り入れた設計法に取組み、より効率の良い設計法に取り組んでいきたい。

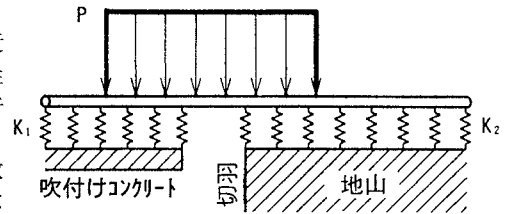


図-4 弾性床上梁のモデル

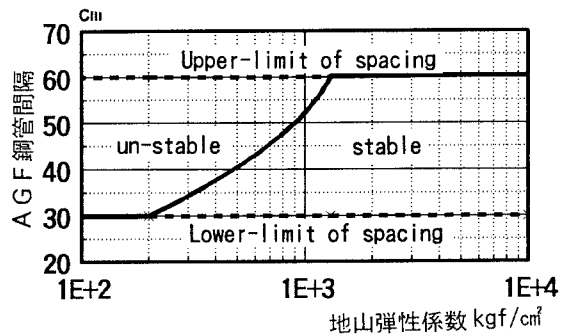


図-6 AGF鋼管間隔と地山弾性係数の関係

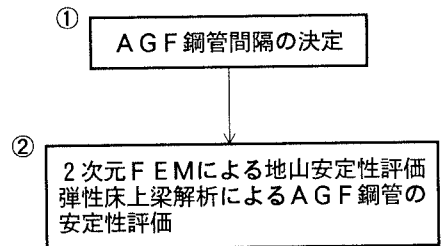


図-7 AGF簡易設計法フロー

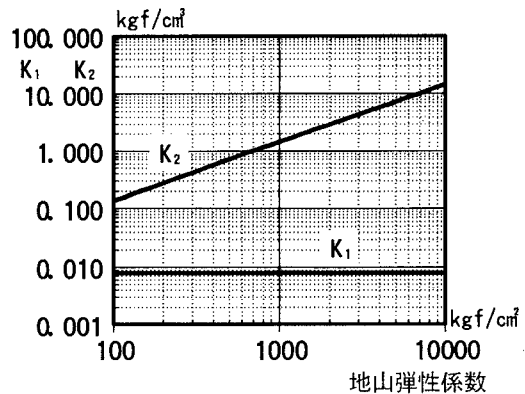
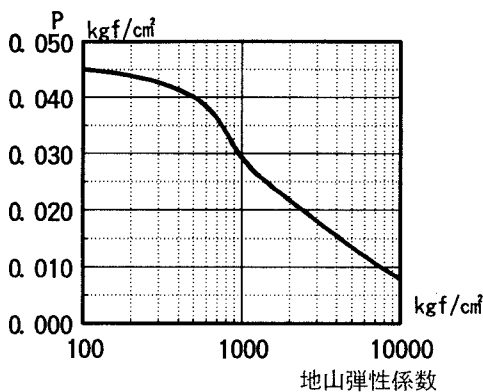


図-5 弾性床上梁の解析結果