

VI-40 吹付けコンクリート補強材としての溶接金網と新素材補強網の比較検討

清水建設株式会社 上岡 忠重
 清水建設株式会社 正会員 石井 和夫
 清水建設株式会社 正会員○三原 泰司

1. はじめに

NATMにおける吹付けコンクリートを補強するために一般に溶接金網が使用されているが、取付け作業に多くの手間を必要とする。また、溶接金網は剛性が大きいために地山の凹凸になじみにくく、坑内の湿気あるいは浸透水によってさびるおそれがある。一方、繊維強化プラスチック製鉄筋代替材料“ニューファイバーメッシュ（NFM）”が開発されており、それらは耐食性に優れ軽量である等の特長を持っているので溶接金網の代替品として有望である。本報告は、坑内および坑外施工試験によって溶接金網とNFMを吹付けコンクリート補強材に使用した場合の施工性およびコンクリートの品質特性を比較検討したものである。

2. 使用した補強網の種類

2.1 NFM

NFMはガラス繊維や炭素繊維等の連続繊維を樹脂に含浸させながらメッシュ状に編み一体成形したものである。本試験では、ガラス繊維のみを使用した剛性の小さいNFM（G）およびガラス繊維と炭素繊維を使用した剛性の大きいNFM（G+C）の2種類を使用した（表-1）。これらのNFMの引張耐力は ϕ 3.2mmの溶接金網の引張耐力とほぼ等しい。なお、NFMは格子間隔10cm、寸法 1.3m $\times$ 0.9mのものを使用した。

2.2 溶接金網

溶接金網は ϕ 3.2mm、寸法 1.9m $\times$ 0.9mのものを使用した。ただし、坑内施工試験用は格子間隔を10cmとしたが、坑外施工試験には格子間隔が5cmのものを使用した。

3. 坑内施工試験

3.1 補強網の取付け方法

坑内施工試験は、内空幅 2.4m、内空断面積 5 m^2 程度の小断面トンネルで行った。NFMについては、1枚につき予め9ヶ所にブリキ製タックを仮どめしておき、エア釘打機を使用し、圧縮空気によって ϕ 3.4mm、長さ32mmの釘をタックに貫通させて1次吹付け面に取付けた。なお、1次吹付け面の状況に応じてタックを増加した。取付け位置はスプリングラインより上のアーチ部とし、1サイクルに5枚取付けた。一方、溶接金網は予め1次吹付けコンクリートに埋込んでおいた番線およびロックボルトの座金を用いる従来の方法によって取付けた。なお、吹付けコンクリートは乾式工法を用いた。

表-1 NFMの特性

NFMの種類	繊維束の本数		基材含有率 Vf (%)	断面積 A (mm ²)
	ガラス繊維 R2220	炭素繊維 HTA-7-12K		
NFM (G)	4	—	47	7.41
NFM (G+C)	2	4	43	8.31

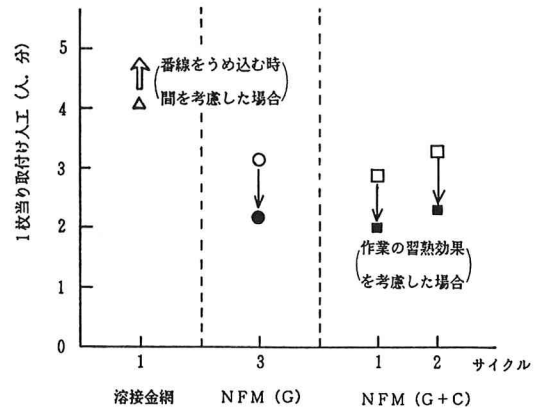


図-1 補強網1枚当り取付け人工の比較

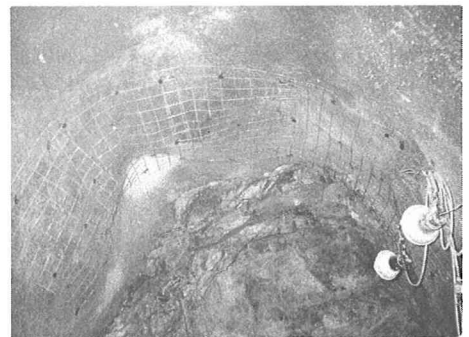


図-2 NFM (G) を取付けた状態

3.2 試験結果

(1) NFMは釘打機を使用して釘を打込むだけで取付け可能となり、施工性が向上した。更に、作業員が釘打ち作業に習熟（取付け時間が約70%に減少すると想定）すれば、NFMの取付け人工は溶接金網の場合の1/2程度になると推定される（図-1）。

(2) 施工試験を行ったトンネルの地山は節理が発達しており凹凸は大きい。NFMは溶接金網と比較して剛性が小さいので1次吹付け面に非常によく密着した（図-2）。一方、溶接金網は1次吹付け面とのあきが大きかった。

(3) 吹付けコンクリートのはね返り率（図-3）および付着したコンクリートの骨材の粗粒率はNFMと溶接金網とではほとんど変わらない（図-4）。また、吹付けコンクリート施工中の粉塵量もほぼ同様であった。

4. 坑外施工試験

4.1 吹付けシステムおよび補強網の取付け方法

坑内施工試験において補強網と1次吹付け面との間にある程度のあきが生じたことを考慮して、本試験では補強網と合板製吹付けパネルとを3cm程度離して固定した。なお、吹付けコンクリートは湿式工法を用いた（図-5）。

4.2 試験結果

(1) 吹付けコンクリートのはね返り率は、補強網を取付けない場合が最も大きく、NFM、溶接金網の順に小さくなっているが（図-3）、これは坑外施工試験に用いた溶接金網の格子間隔が5cmであり、NFMの格子間隔10cmより小さかったためと考えられる。

(2) 配合推定試験によれば、はね返り材の骨材の粗粒率は付着材のそれに比べて大きくなっているが、補強網の種類および有無の各条件において、付着材、はね返り材ともに大きな差は認められなかった（図-4）。

(3) 吹付け終了後にNFMを取りはずして背面を観察したところ、背面には十分コンクリートがまわり込んでいることが確認された。

5. まとめ

坑内および坑外施工試験によって、吹付けコンクリート補強材としての溶接金網とNFMを比較検討した。その結果、NFMを使用した場合の吹付けコンクリートの品質、はね返り率、背面へのまわり込みおよび施工中の粉塵量は、溶接金網を使用した場合と同等であることが確認された。施工性の面からは、NFMは溶接金網よりも1次吹付け面になじみやすく、また、エア釘打機を用いることによって取付け施工能力は約2倍に向上する可能性が見出された。

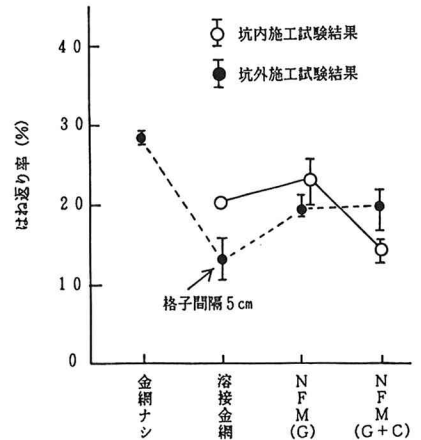


図-3 はね返り率の比較

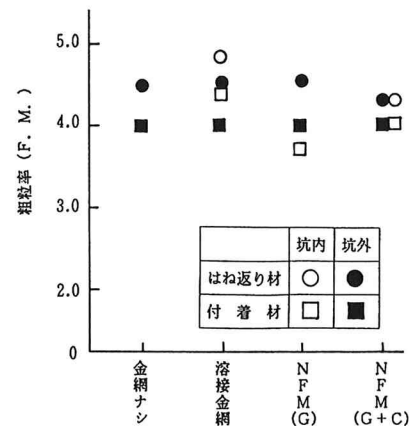


図-4 骨材の粗粒率の比較



図-5 坑外施工試験の状況