

VI-60

新素材で補強したトンネル覆工コンクリートの施工試験

清水建設株式会社 ○正会員 関島 謙蔵
 清水建設株式会社 湯田 正樹
 大日本硝子工業株式会社 関根 健一

1. まえがき

トンネルは通常、コンクリート覆工を行うが、しばしばこれを補強するために鉄筋が使用されている。しかし、環境条件が劣悪で酸性水等が流れる導水路トンネルでは鉄筋が腐食する恐れがある。あるいは腐食に問題がなくても坑内は作業空間が狭いので、鉄筋の組立てには多くの時間と労力を費やしている。

一方、鉄筋代替材料として開発された格子状の繊維強化プラスチック(FRP)筋は、耐食性に優れ軽量である等の特徴を持っているので、覆工コンクリートの補強筋として有望である。本報告は、格子状FRP筋を導水路トンネルの覆工コンクリートの補強筋として適用し、施工試験を行った結果をまとめたものである。

2. 格子状FRP筋の特徴

格子状FRP筋は、耐食性に優れた樹脂をガラス繊維や炭素繊維等の高性能連続繊維で強化し、格子状に成形した新しいコンクリート補強用複合材料である。その主な特徴を表-1に示す。図-1に異形鉄筋D10(SD35)及びこれに相当するFRP筋G10(ガラス繊維)とH10(ガラス繊維+炭素繊維)の引張特性の比較を示す。FRP筋は引張耐力のばらつきを考慮して、鉄筋の引張耐力の規格値の1.2倍の平均引張耐力を持たせるものとしている。G10のように1種類の繊維で強化したFRP筋は弾性的挙動を示し、H10のように2種類の繊維で強化したものは伸びの小さい炭素繊維から破断し、伸びの大きいガラス繊維の破断で終局となり、鉄筋の降伏に似た現象を示す(ハイブリッド効果)。

3. 覆工コンクリート補強用格子状FRP筋の設計

原設計では、インバート筋及びアーチ筋ともに主筋(周方向)はD22で間隔が20cm、配力筋(奥行き方向)はD16で間隔が30cmであった。FRP筋の場合は格子間隔が狭い方がコンクリートのひびわれ制御の点からも好ましいので、インバート筋の主筋及び配力筋の間隔は15cmとした。アーチ筋については、インバートの両側から既設の主筋の鉄筋が20cm間隔で立ち上がっているため、これらの鉄筋とラップさせるために主筋の間隔は10cmとし、配力筋の間隔はインバート筋と同様15cmとした。FRP筋の成形、坑内への搬入及び取付け上の理由から、インバート筋はトンネル奥行き方向にのみ分割し、アーチ筋は周方向と奥行き方向に分割した。なお、FRP筋は格子交差部の強度が確保されているので、取付け時に1ます以上ラップさせて重ね継手とした。

表-1 格子状FRP筋の特徴

• さびない • 耐アルカリ性、耐酸性 • 連続繊維及び多種類繊維の使用 • 格子交差部の強度確保 • 軽量(比重≒2) • 複雑な形状の一体成形可能	• 塩害、薬品の害をうけるような苛酷な条件下で使用されるコンクリート構造物の耐久性向上 • 繊維の有効利用と異種繊維混合によるハイブリッド効果の発現 • コンクリートとの定着確保 • 重ね継手が可能 • 現場での生産性向上
--	---

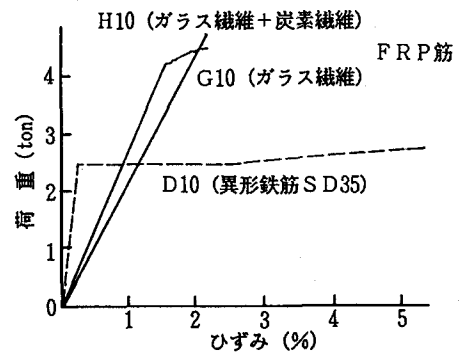


図-1 FRP筋と異形鉄筋の引張特性の比較

4. 施工試験結果

4. 1 インバート筋

以下に述べる2種類の方法によってインバート筋を取付けた。

① 最初に地山にアンカーを打ち、その頭部にトンネル奥行き方向の組立て筋を溶接し、格子状FRP筋を敷き並べ、番線で固定する方法（図-2）

② 1層目コンクリートを打設して均した後にFRP筋を敷き並べ、更にその上に2層目コンクリートを打設する作業を繰り返す方法（図-3）

FRP筋は先組みされた状態で搬入され、しかも軽量かつ取付けが簡単なので、①の方法によるインバート筋の配筋時間は鉄筋の場合の約20%に短縮され、施工性が大幅に向上した。②の方法は、FRP筋が軽量である特徴を生かしたコンクリートの打設とインバート筋の取付けを同時に行う独特の施工方法である。しかし、コンクリートの打設作業が複雑となるため、当初の予想ほどは能率が上がらず、インバート施工の全作業時間は①の方法とほとんど変わらなかった。なお、①の方法で作業員がFRP筋の上に乗った場合のたわみをより小さくするためには、断面形状を工夫して曲げ剛性を大きくする必要がある。

4. 2 アーチ筋

地山に打ったアンカーの頭部に奥行き方向の組立て筋を溶接し、FRP筋を番線で固定した（図-4）。FRP筋は曲面状に成形されていて取付けが簡単なので、配筋時間は鉄筋の場合の約30%に短縮された。アーチ筋は周方向と奥行き方向に分割されているので、重ね継手部で3枚ラップする部分ができる。そのため、FRP筋の断面形状が偏平になるように成形して、コンクリートのかぶりを確保した。

5. まとめ

覆工コンクリート用補強筋としての格子状FRP筋は、先組みされた状態で坑内に搬入され、しかも軽量かつ取付けが簡単なので、配筋時間は鉄筋に比べて大幅に短縮された。従って、劣悪環境下で使用され、かつ工期短縮による効果・影響の大きい各種トンネルの補修工事等への適用が有望と思われる。

最後に、当施工試験の機会を設けて頂いた電源開発(株)熊牛水力建設所の方々に厚く御礼申し上げます。

〔参考文献〕

○山本 敬，藤野浩一：熊牛水力発電所新設工事における新技術の採用，電力土木，No.205，昭和61年11月

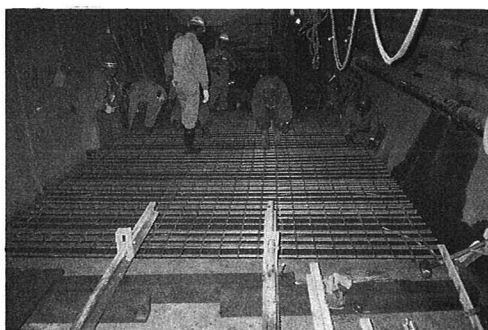


図-2 インバート筋の取付け状況 ①



図-3 インバート筋の取付け状況 ②

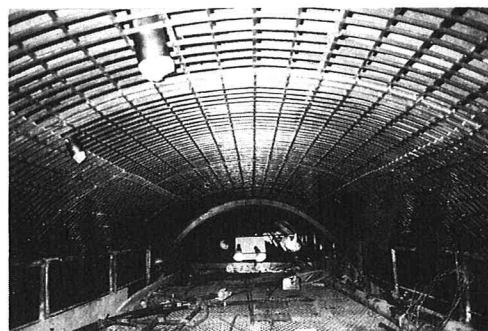


図-4 アーチ筋の取付け状況