

FS フォーム工法（透水型枠工法）による トンネルインバート施工

金谷 義之

道路トンネルのインバートコンクリートは、供用開始後の利用時においては不可視部分となるため、その存在に気付く機会は少ない。トンネルインバートは、坑口部や地山の脆弱区間において断面を閉合する目的で設置され、トンネルの安定上重要な部分である。インバートの両側端部は、上部覆工形状や底版形状と比べると急曲面形状で設計され応力の集中しやすい箇所であり、上部覆工コンクリートの応力を底版部へ伝達する部分となる。

本稿では、このインバート両側端部の施工において、FS フォーム工法を使用してコンクリートの品質向上を図った事例について紹介する。

キーワード：トンネル、インバート、型枠、透水、コンクリート、美観、品質向上

1. はじめに

トンネルインバートの両側端部は、覆工コンクリートと底版コンクリートの接合部で曲面半径が $R = 1.5\text{ m}$ 程度と急曲面である。この部分のコンクリートの打設は、旧来は人力による左官仕上げにて施工されてきたが、近年はコンクリートの密実性向上を図るため、型枠を設置しての施工が多くなっている。しかし、型枠の設置が上伏せ状態となるため、コンクリート中の気泡と余剰水によるあばたが発生しやすく、美観や耐久性向上のために対策が必要であった。

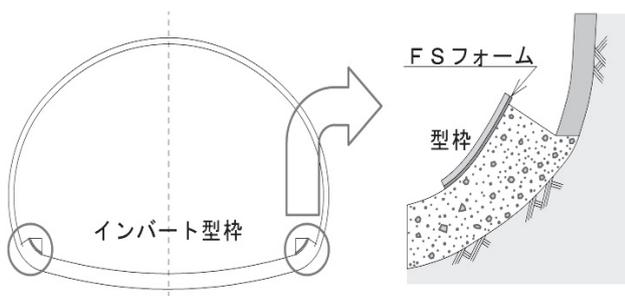
そこで、型枠に透水性を持たせることによりあばたを除去する「FS フォーム工法」を採用して改善を図ることとした。

本稿では、「FS フォーム工法」の内容と、実際に行った施工事例について報告する。

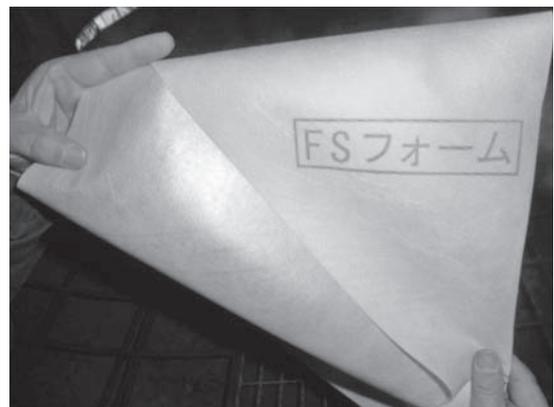
2. FS フォーム工法

(1) 概要

「FS フォーム工法」は、型枠内面に積層したフィルターシートを張り付けることにより、コンクリート中の気泡と余剰水を型枠外に排出させる工法である。本工法を用いることによりコンクリート構造物の斜面部等に発生する気泡や余剰水によるあばたを除去し、美観に優れたコンクリートを打設することができる。また、気泡や余剰水がコンクリート表面から排出されるとともにモルタル分も表面部に移動し、水セメント比が減少する。その結果、表面強度の増大や緻密性の向上等によって表面の耐久性が改善され、厳しい環境条件の下で打設されるコンクリート構造物の品質向上を図ることができる。



図一 今回紹介事例の箇所



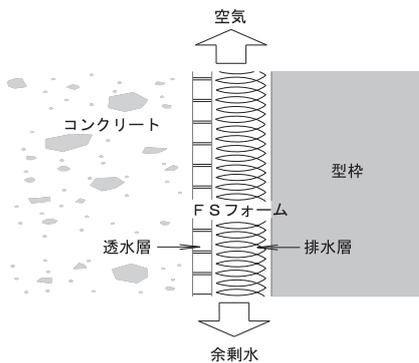
写真一 FS フォーム

(2) FS フォーム材料

FS フォームは、図一2に示すような2層で構成された厚さ約0.5mmの特殊シートで、合板や鋼製の通常の型枠に取付けてコンクリートを打設する。

透水層：表層部（コンクリート側）の微細な孔開きポリエチレンフィルム。コンクリート中の余剰水と気泡を通し、セメント粒子を留める。

排水層：排水部（型枠側）のポリプロピレン製不織布。表面層を通過した余剰水と気泡を型枠外へ排出する。

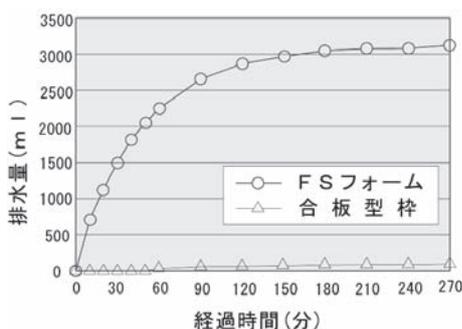


図一2 FS フォーム材料説明図

(3) 工法の特長

「FS フォーム工法」を用いることによって以下に示すような現象が生じ、コンクリートの品質向上を図ることができる。

①余剰水の排出量が、実験では合板型枠の20倍以上排水された（図一3）。



図一3 排水量の比較

- ②コンクリート表面のあばたの量が1/10以下になり、極めて少なくなる。
- ③コンクリートの表面の強度が2倍以上になり、増加する。
- ④コンクリートの凍結融解試験後の表層強度残存率比が1.1倍以上になり、表面の凍結融解抵抗性が向上する。

- ⑤コンクリート表面から進む中性化および塩分浸透の深さがそれぞれ2/3以下になり、減少する。
- ⑥剥離性および施工性に優れている。

「FS フォーム」は上記のような特長を有しており、全てのコンクリート構造物に適用できるが、特に表一1に示すような構造物に対しては、構造物の品質向上に大きな効果がある。

表一1 「FS フォーム工法」の適用例

| 特長 構造物種類 | 表面あばたの減少 | 表面強度の増大 | 凍結融解に対する抵抗性の向上 | 中性化速度の遅延 | 塩分浸透性の低減 | 透水性の低減 | 仕上げ材付着性の向上 |
|--------------------------|----------|---------|----------------|----------|----------|--------|------------|
| 表面勾配のある構造物 | ◎ | ○ | | | | | |
| 水流衝撃を受ける構造物 | ○ | ◎ | ○ | | | ○ | |
| トンネル坑口付近の覆工コンクリート | | ○ | ○ | | | | |
| 気象条件の厳しい地域の構造物 | | ○ | ○ | | | | |
| 海洋構造物 | | ○ | ○ | | ◎ | ○ | |
| 酸性の強い河川の構造物 | | ○ | ○ | ◎ | | ○ | |
| CO2濃度の高い場所の構造物 | | ○ | | ◎ | | | |
| 化学薬品等を扱う工場の躯体 | | ○ | | ◎ | ○ | ○ | |
| タンク等水密性を必要とするコンクリート構造物 | | ○ | ○ | | | ◎ | |
| タイル等の仕上げ材の施工を行うコンクリート構造物 | ○ | ○ | | | | | ◎ |

(凡例) ◎ : 非常に効果がある。
○ : 効果がある。

3. トンネルインバート工の施工事例

愛媛県の国道バイパストンネル工事において、「FS フォーム工法」を採用してインバートコンクリートの施工を行った。

以下に、施工事例を紹介する。

(1) FS フォームの設置

①シートの切断

製品の標準形状は、幅960mm×100mのロール巻きである。カッターやはさみで容易に切断できるので、型枠への取り付け余裕幅を見込んで切断した。

②シートの取り付け

シートの表裏に注意して、シートを型枠に取り付ける。取り付けは、一般的には合板型枠の場合はタッカー（工業用ホッチキス）を使用し、鋼製型枠の場合は両面粘着テープを用いて、型枠外周側面にシートを固定する。なお、合板型枠は未塗装のもので十分である。

今回使用した型枠は鋼製型枠であったが、作業性向

上の工夫として、型枠両端部に栈木を設置してタッカーによる取り付けを可能とした。

図-4 にシート取り付け図、写真-2 にシート取り付け状況を示す。



図-4 シート取り付け図



写真-2 シート取り付け (タッカー使用) 状況

シート取り付けにおける注意点は、シートのたるみやしわを十分に除去する点で、タテヨコともに@500 mm に1箇所以上の固定が望ましい。

なお、剥離剤の塗布等は不要である。

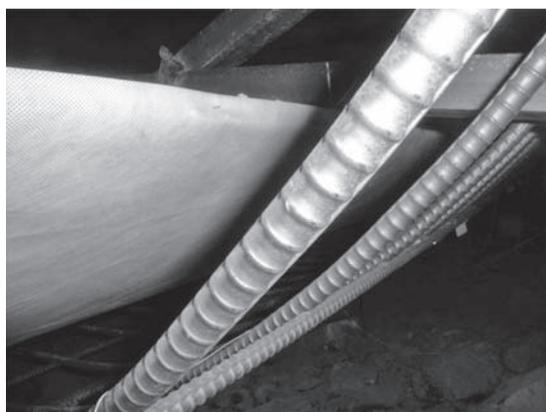


写真-3 FSシートの取り付け完了



写真-4 FSフォームの設置完了

(2) コンクリートの打設～養生～脱型

コンクリートの打設方法及び養生方法は、通常の施工方法と同様である。

脱型は、型枠を取り外すと FS シートがコンクリート面に付着した状態となるので、そのまま散水養生が可能である。

FS シートは、インバートの埋戻し前まで存置させておき、埋め戻し時に撤去して産業廃棄物として処分した。

(3) 脱型後の状況

脱型後のコンクリート仕上がり状況を、写真-5, 6 に示す。



写真-5 FSフォーム脱型後状況

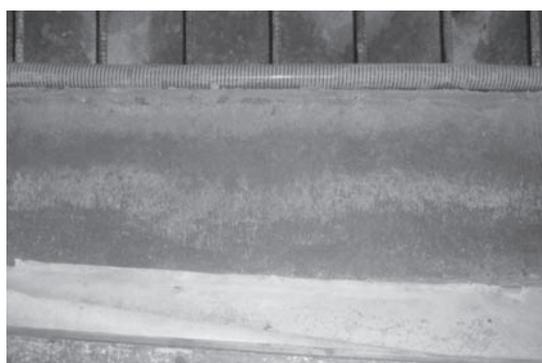


写真-6 コンクリート表面の状況

コンクリート中の余分な水や空気を排出することで、仕上がり面の美観の向上とコンクリートの密実な品質確保に満足できる結果を得た。

4. FS フォーム施工の考察

今回のFSフォーム施工における考察について、以下に列記する。

(1) 経済性

型枠にFSシートを余分に取り付けるため、その分高くなり経済性は低下する。材料費は約600円/m²である。

(2) 工程

型枠工にシートを取り付ける手間が増えるが、型枠表面の清掃及び剥離剤塗布は不要であるため、工程的な影響は少ない。

(3) 品質

コンクリート表面のあばたが激減し強度が増加するなど、コンクリートの品質は、未使用と比較すると格段に向上する。

(4) 安全性

シート取り付け作業が増えるが、型枠工の一部であり安全性は変わらない。

(5) 施工性

型枠の清掃回数が減り型枠の転用性が向上する。

(6) 環境

型枠脱型後、転用する場合は、シートを取り外し再度新しいシートを取り付けるため、残材処分が必要である。

5. おわりに

トンネルのコンクリートといえば、覆工コンクリートが注目されがちである。しかし、インバートコンクリートもトンネルの安定上重要な機能であり、過去においてはインバート両側端部の劣化事例が少なくないと認識している。

今回は型枠という面からのコンクリート品質向上への取り組みで、インバートの品質、機能向上という観点からは軽微な効果かもしれないが、確実に品質の向上があったと確信している。今後の施工において、参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたりご指導をいただきました関係機関、関係者の方々に謝意を表します。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 助土木技術センター 土木系材料技術審査証明 第0606号

【筆者紹介】

金谷 義之 (かなたに よしゆき)
戸田建設㈱
四国支店 土木部
工事課

