

膨張性地山における SFRC を用いた二次覆工の設計

大成建設株式会社土木設計部
 大成建設株式会社土木設計部
 大成建設株式会社北信越支店
 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

正会員 ○林 成浩
 正会員 福原 俊一
 正会員 森田 隆三郎
 正会員 依田 淳一
 岩崎 武

1. はじめに

北陸新幹線・飯山トンネル木成工区の地質は膨張性を有する亀裂の多い泥岩が主体で、掘削時には内空変位量は最大 450mm に達し、吹付けコンクリートの圧壊、鋼製支保工の座屈・破断など、激しい支保の変状を生じた。このため、多重支保工法等の膨圧対策を行いながら、平成 16 年 9 月に掘削を完了したが、支保設置後長期間経っても変位が完全には収束していない区間があり、二次覆工コンクリートに悪影響を及ぼすことが懸念された。二次覆工コンクリートの補強として、鉄筋による補強方法を検討したが、コンクリート巻厚が複鉄筋を施工するには不足しており、鋼繊維補強コンクリート（以下 SFRC）で施工することとした。補強仕様については、SFRC の特徴に着目して限界状態を想定した設計手法を採用して決定するものとした。本報では、SFRC の設計手法と、試験施工の計測結果から得られた設計の妥当性について検証した結果を報告する。

2. 限界状態による SFRC の設計

SFRC の特徴は、鋼繊維の混入により、覆工コンクリートのひび割れ発生後の破壊特性が改善されることである。今回は、この特徴を生かした照査方法として、覆工コンクリートのひび割れを一定の幅まで許容する限界状態設計法を採用した。本設計では、ひび割れ発生を考慮した M-N 曲線を算定し、発生断面力が M-N 曲線内に入っていることを確認することにより照査を行い、断面設計を実施した。

(1) M-N 曲線の算定

- ・ コンクリートの曲げ圧縮応力度の制限・・・ f'_{cd} の 40%
- ・ SFRC の引張軟化特性・・・引張軟化曲線（図 2.1）
- ・ ひび割れ幅の制限・・・0.25mm
- ・ ひび割れ深さの制限・・・部材厚の 7 割

以上の条件により算出した M-N 曲線を図 2.2 に示す。図中には、比較のため無筋コンクリートの M-N 曲線も示してある。

(2) フレーム解析による二次覆工断面力の算定

二次覆工を線形弾性の梁要素、地盤をばね要素でモデル化したフレーム解析を行う（図 2.3）。

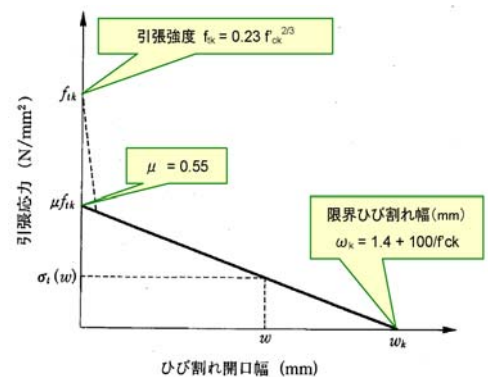


図 2.1 引張軟化曲線

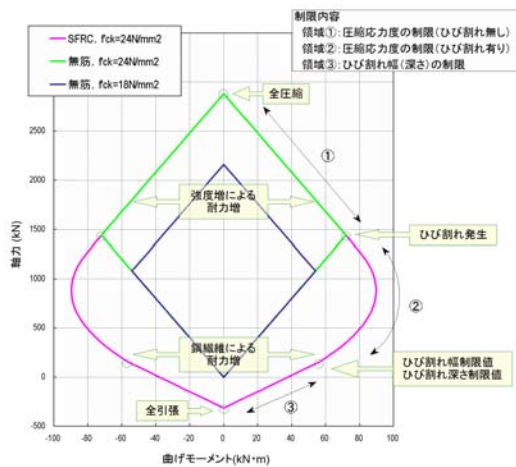


図 2.2 M-N 曲線

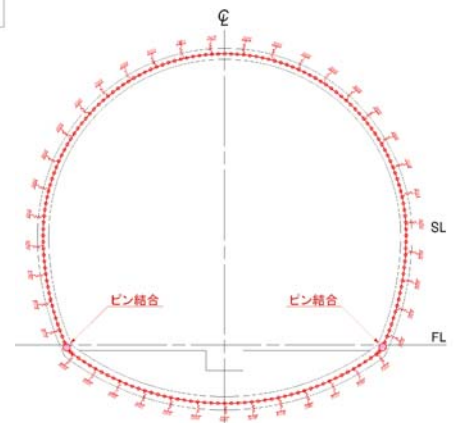


図 2.3 解析モデル図

キーワード：膨張性地山、SFRC、引張軟化曲線

連絡先 〒944-0333 新潟県妙高市大字大沢新田 347 北幹・飯山 T（木成）作業所 TEL：0255-81-1177

A 計測結果から、二次覆工コンクリート打設後に発生すると思われる残留変位量を双曲線近似法により予測し、地山側の地盤ばね端に、この残留変位を作用させることにより、覆工に発生する断面力を算定する。

3. 試験施工の計測結果

平成 18 年 12 月時点のコンクリート有効応力計の測定結果を図 3.1 に示す(試験区間 A, B)。また、各区間における発生応力度の最大値、最小値およびその位置を表 3.1 に示す。二次覆工コンクリートを打設して 1 年 4 ヶ月経過後の計測値となるが、最大で約 2N/mm^2 程度の応力が発生している。

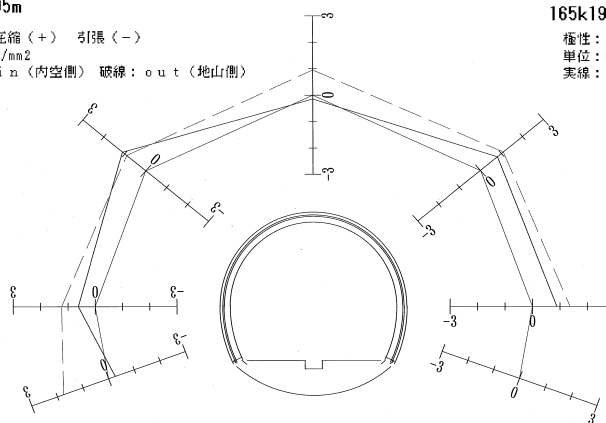
表 3.1 試験施工区間における発生応力度

区間	最大値 (N/mm^2)	位置	最小値 (N/mm^2)	位置
試験区間A	1.9	下半側壁	-0.3	下半側壁
試験区間B	1.6	SL~下半側壁	0.1	天端

※試験区間 A の下半側壁部右側は計測器の不具合のため対象外とした。

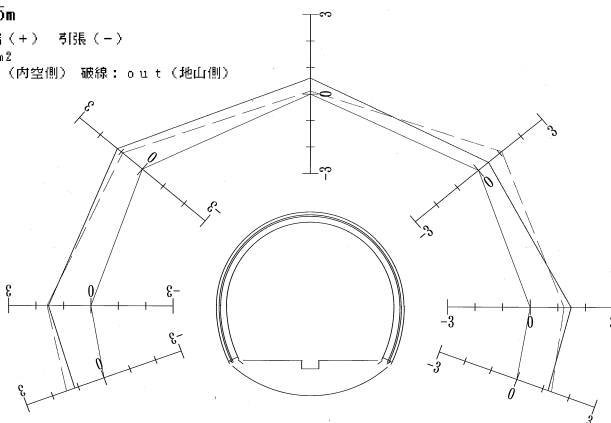
164k905m

極性：圧縮(+) 引張(-)
単位： N/mm^2
実線：in(内空側) 破線：out(地山側)



165k194.5m

極性：圧縮(+) 引張(-)
単位： N/mm^2
実線：in(内空側) 破線：out(地山側)



4. 計測結果と解析予測値の比較

二次覆工コンクリートを打設してから平成 18 年 12 月時点までに発生したと予測される変位量を推定し、その変位量を入力値としてフレーム解析を行い、得られた解析値と計測値を比較する。

(1) 入力変位量

近似曲線から試験区間 A を 1.2mm 、試験区間 B を 1.5mm と設定した。

(2) 解析結果

解析結果を図 3.2 に示す。また、軸力および曲げモーメントの値から縁応力を算定し、その最大値、最小値およびその位置を表 3.2 に示す。計測値との比較から、最小値の発生位置が異なるが、計測値とほぼ同様の値となっている。

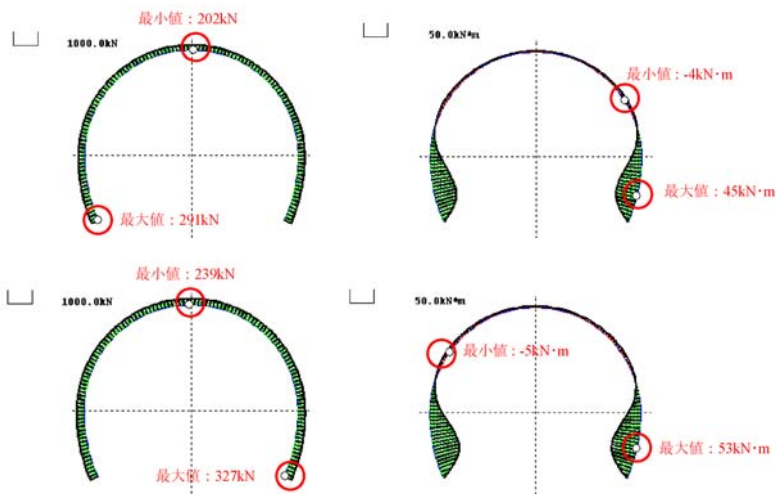


表 3.2 解析による発生応力度

区間	最大値 (N/mm^2)	位置	最小値 (N/mm^2)	位置
試験区間A	1.6	下半側壁	-0.5	下半側壁
試験区間B	1.9	下半側壁	-0.7	下半側壁

5. まとめ

- (1) 膨張性地山での二次覆工の設計において、SFRC のひび割れ発生後の特性に着目し、限界状態を想定した M-N 曲線による設計手法の提案を行った。
- (2) 試験施工区間の計測値と本設計手法に基づく解析値を比較した結果、両者の値は概ね一致した。