

トンネル覆工コンクリートの単鉄筋補強から非鋼繊維補強への変更

株式会社 竹中土木 正会員 ○溝端 拓哉
 中日本高速道路株式会社 小山 亮介
 株式会社 竹中土木 大坂谷 進

1. 覆工無筋化の概要

新東名高速道路の扁平大断面トンネルでは、全線において地山等級に係らず、覆工コンクリートの剥離、剥落防止を目的として、非鋼繊維補強材料(0.3%)の混入が計画されている。また、地山等級DのうちD1区間においては、内空側に単鉄筋の補強鉄筋による補強がなされている。トンネル覆工の打上げ方式によるコンクリート打設の施工性、防水シートの確実性の向上を目的として、D1区間における覆工コンクリートの無筋化について検討を行い、実施工を試みた。本文はその検討および施工の経緯や結果などを紹介する。

2. 目的

覆工コンクリートの無筋化を行うことにより、以下の利点があげられる。

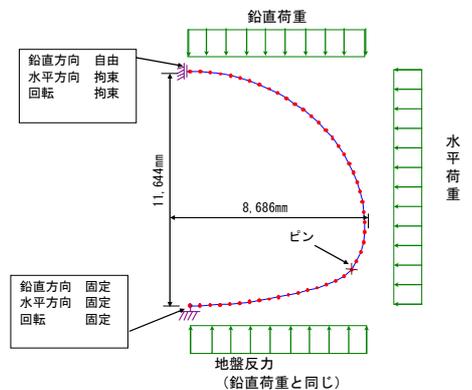
- 1) 鉄筋の組立手間の省略による工程短縮及びコスト削減。
- 2) コンクリート打設時の締め固め施工性向上によるコンクリート品質の向上、確実な充填。
- 3) 鉄筋の段取り筋等の省略から防水シートを完全非貫通とし、防水性が向上。
- 4) かぶり管理や鉄筋の位置出し測量等の手間の省略。

3. 検討内容

今回の検討では、単鉄筋コンクリートのD1区間において、単鉄筋コンクリートの耐力と同等以上となる、非鋼繊維混入率を増加した補強コンクリートについて検討を行った。耐力については、内空側も地山側も同等な曲げ抵抗力を有する非鋼繊維補強コンクリートの利点に着目し、鉄筋コンクリートの耐荷力と比較した。

4. 検討方法について

補強の主目的であるトンネルに対する予期できない荷重に対する要求性能は、地山条件、土かぶり条件などにより影響を受けるため、現状では不明確である。そこで、標準的なD1地質であることを前提に代表的な荷重状態として、鉛直荷重および側方荷重を等分とし、側圧比を1.0と0.5とした2種類のパターンの荷重による設計断面力を算定し、鉄筋コンクリート(以下、RCとする)の耐荷性能を推定した。鉛直荷重および側方荷重を徐々に大きくし、部材に生じる断面力が断面耐力線に接した時点を覆工の耐荷力と定めた。そして同様に算定した設計断面力から繊維補強コンクリートによる耐荷性能を推定し比較した。繊維補強コンクリートの耐力算定は限界状態I(対象となる覆工体の長期にわたる耐久性を確保する観点から定めた限界状態)とし、限界ひびわれ幅を0.25mmとした。応力算定モデルは、図-1とした。



計算条件		鉄筋コンクリート	繊維補強コンクリート
部材高さ	アーチ部 : 500mm	インバート部 : 700mm	
部材幅	1000mm		
コンクリートの設計基準強度	$f_{ck}=30\text{N/mm}^2$		
コンクリートの引張強度	2.22N/mm ²	0.777N/mm ²	
コンクリートのヤング係数	$E_c=28\text{kN/mm}^2$		

図-1 応力算定モデル

5. 検討結果

図-2にRCと補強繊維の断面耐力線比較図を示す。図-2の比較から内空側が引張となる曲げに対しては、RCの耐力が大きく、地山側が引張となる曲げに対しては、繊維補強の耐力の方が大きいことがわかる。アーチ部では、地山側に引張となる曲げが最大となる。インバート部では、断面力のすべてが内空側の引張となるため、RCが有利となる。

次に断面耐力線比較図に、設定した荷重から算出した各部材の断面力をプロットしたものを図-3に示す。

キーワード 繊維補強コンクリート NATM 覆工補強鉄筋

発表者連絡先：愛知県名古屋市中区錦 1-18-22 TEL:052-231-2121 FAX:052-231-2529

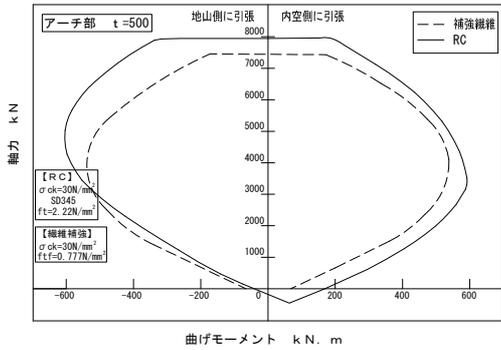


図-2 RCと補強繊維の断面耐力線比較図

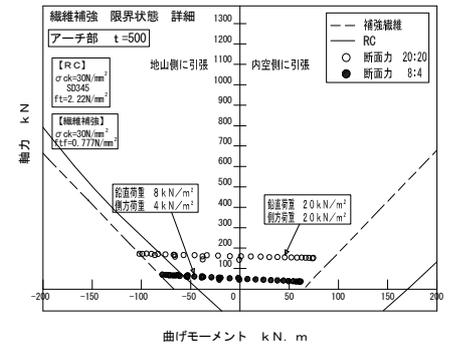
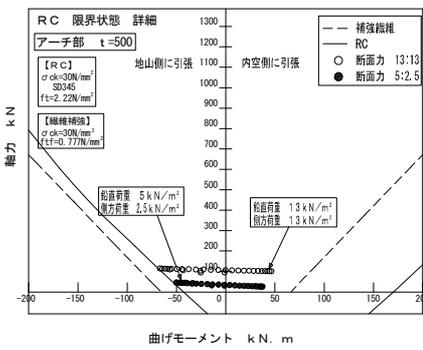


図-3 断面力の分布比較図

RCでは、側圧比 1.0 の場合、覆工の耐荷力は地山側が引張となる曲げで決定され、その際の荷重は 13kN/m²であった。繊維補強でも同様に地山側が引張となる曲げで耐荷力が決定され、その際の荷重は 20kN/m²であり、RC よりも大きな耐荷力を有している。側圧比 0.5 の場合でも同様の傾向がみられる。覆工全体の耐荷力が増加することから繊維混入量を増加した補強繊維コンクリートによる覆工コンクリート無筋化が有効であるといえる。

6. 配合決定の経緯および修正配合の検討

覆工無筋化で使用するコンクリートの配合は、非鋼繊維を従来の 0.3% から 0.5% に上げて混入することにより、繊維混入後のコンクリートの性状変化が大きく、流動性やワーカビリティを確保するために、混和材に石灰石微粉末を使用する特殊な配合とした。

室内試験練では、ベーススランプフロー値 62.5cm から非鋼繊維混入後のスランプフローロス平均は 6.7cm であった。

室内試験練では、工場出荷時から現場到着時までのスランプフローロスは見込んでいなかったが、現場実機試験の際に運搬時間 42 分でスランプフローロスが 5.5cm あった。また、非鋼繊維混入後のフロー値は 41.0cm となり、現場到着時よりも 13.5cm のロスとなった。これは室内試験時に確認した繊維混入ロスに経時によるロスが加わったためで、さらに 15 分後のロスは 21cm となり、打設可能なワーカビリティを確保することが難しい状況となった。そこで、高性能 AE 減水剤の使用量を 0.05% 増し、工場出荷時のスランプフロー目標値を 60cm から 65cm に変更し、再度実機試験を行った。繊維混入後のスランプフローロスは減水剤増加前と同様に 13.0cm であったが、15 分後のロスは 16.0cm であり、ロスを少なく抑えることができた。非鋼繊維混入後 60 分まででロスは 21.0cm であり、施工性の向上を期待できるワーカビリティ及び各種強度試験を満足する品質基準を確保することができた。

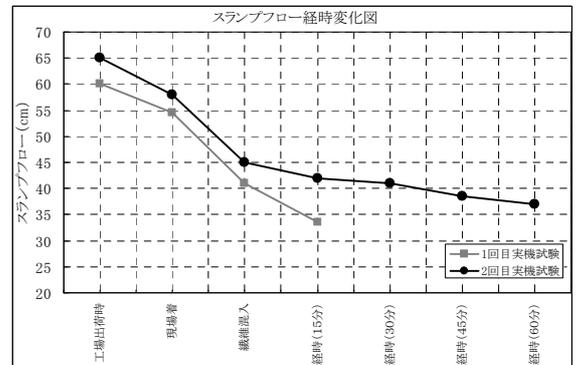


図-4 スランプフロー経時変化図

7. 試験施工について

試験施工として、D1 区間 2 スパン (10.5m×2 スパン=21.0m) にて実施工を行った。その結果、圧送時も材料分離を起こさずに良好な圧送を行うことができ、流動性も良好であり、無筋としたことによりコンクリート打設時の締め固め施工性が向上した。今回はブリージング水の発生も極僅かであった。コンクリート自体のワーカビリティの向上及び施工性の向上により S.L ラインよりも下方に発生しやすい空気アバタ等も非常に少なく密実なコンクリートとなった。覆工コンクリートの出来栄も向上させることができた。

8. あとがき

覆工コンクリートの補強鉄筋の代替として採用した非鋼繊維補強コンクリートについては、無筋化への取り組みの第一歩であるため、今回の解析では安全側と考えられる状況である。混入量を減らして同等の耐力を得ることができないか、繊維補強の評価手法、解析方法、繊維の形状についても更なる検討を行ってきたい。最後に、覆工無筋化の検討・施工について首都大学東京の西村教授には、評価方法に関して多くのご指導・ご協力をいただいた。紙面を拝借して改めて御礼申し上げる次第です。