

Ⅲ - A353

TBM用ライナー（ハイブリッドライナー）の現地計測結果

大成建設株式会社 土木本部 土木設計第一部 正会員 森 益基
 北海道電力株式会社 滝里水力発電所建設所 正会員 富樫 泰治
 大成・熊谷・三井・伊藤・北電興業共同企業体 服部 弘通
 大成建設株式会社 土木本部 土木技術部 寺本 哲
 大成建設株式会社 土木本部 土木設計第一部 中田 慎一

1. はじめに

平成7年度より、我々はTBM掘進反力を受け、かつ地山を支承する機能を持つTBM用ライナー（以下ハイブリッドライナーという）の開発を行ってきた。ハイブリッドライナーは、図-1に示すような鋼枠と中詰めコンクリートから形成されるハイブリッド構造であり、以下のような特徴を有している。

- ①鋼枠とコンクリートを合成構造として設計することにより、主桁を薄くできコストダウンできる。
- ②中詰めコンクリートを現場にて打設することにより、コストダウンできる。
- ③縦リブをスキムプレートから浮かせ、その背面側にひび割れ防止筋を配置することにより、中詰めコンクリートの一体化、ひび割れ防止、コンクリートの脱落防止を図っている。
- ④突起継手の採用によるボルトレス構造としており、組立て時間が短くコストダウンできる。

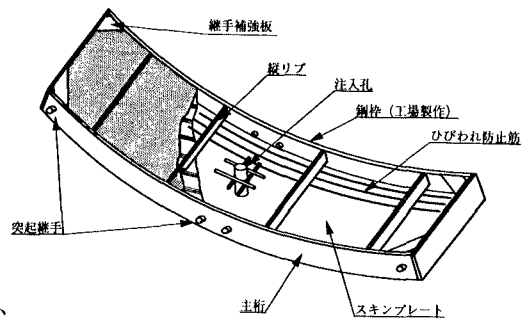


図-1 ハイブリッドライナー概要図

平成8年度には、ハイブリッドライナーを北海道電力（株）滝里水力発電所導水路トンネル工事（ ϕ 8.30mのTBM）に適用した。本ライナーの設計にあたっては、千鳥組効果を考慮できる梁パネモデルを用い、組立時と土圧載荷時をステップ解析することにより断面力を算定した。ハイブリッドライナーを實現場に適用するのは今回が初めてであり、本ライナーが設計値に対しどのような挙動をするか、計測により確認した。

2. 計測結果

2.1 組立時断面力

組立時の断面力として、ここではテールシールド内で組立てられた直後の断面力と、テールシールドより抜け下部のみ裏込め充填が終了している状態の断面力の2つを図-2に示す。なお、ライナーの組立てには真円保持装置は使用しておらず、また裏込め材の充填は、下部ではテールを抜けた直後、上部および側部ではテールより4～5リング後方で行っている。ここに、裏込め材には豆砂利を用い、エアー吹きにより充填している。

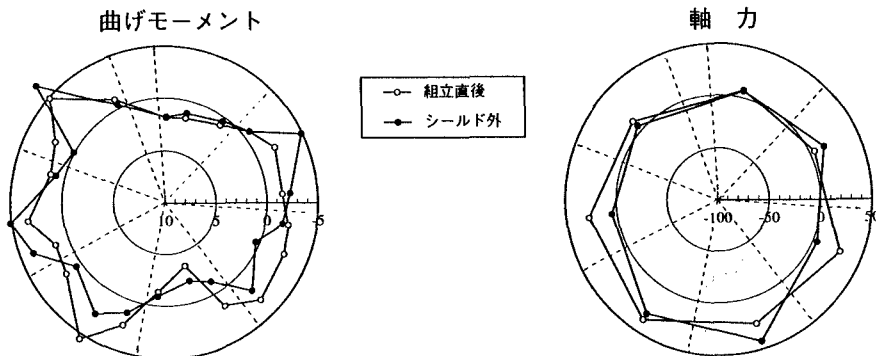


図-2 ライナー組立時の断面力分布

2.2 土圧作用時の増分断面力

土圧作用時の増分断面力として、ここでは裏込め充填による増分断面力（裏込め充填前後の断面力差分）と土圧による増分断面力（裏込め充填から3日後の断面力と53日後の断面力の差分）の2つを図-3に示す。

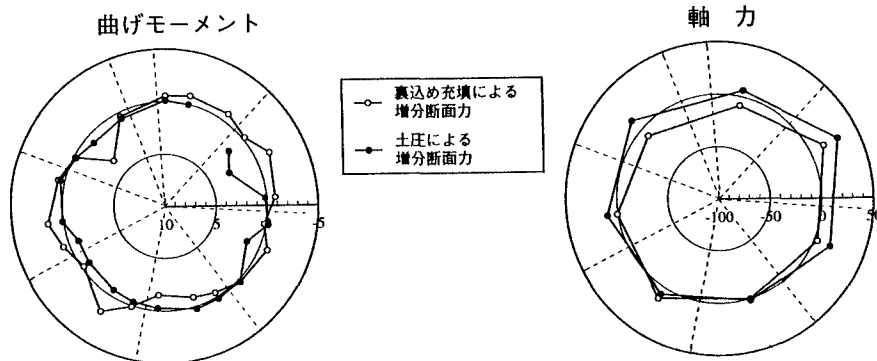


図-3 土圧作用時の増分断面力分布

3. 設計値との比較・検討

3.1 組立時断面力

断面力は各ピース（図中破線はピース分割位置を示している）について3箇所（軸力は3箇所の計測値を平均して表示している）で計測を行っているが、曲げモーメントの分布図をみると、各ピースの中央で曲げモーメントが卓越している。これは、ライナーを千鳥組した場合、ピース中央位置に隣接リングのピース間継手が位置しているためであり、千鳥組による添接効果を良く表しているといえる。

また、組立時の2つの曲げモーメントを比較すると、ライナーの支持条件が異なることにより、若干曲げモーメント分布に変化は見られるが、いずれにしても最大曲げモーメントは負曲げで $6.7\text{tf}\cdot\text{m}$ 程度となっている。設計でも組立時の最大曲げモーメントは負曲げで $6.9\text{tf}\cdot\text{m}$ となっており、ほぼ設計値どおりの断面力が得られたといえる。

3.2 土圧作用時の増分断面力

裏込め充填による増分断面力に着目すると、曲げモーメントでは左上に正曲げが卓越しており、また軸力では右上と左下で若干の増大が見られる。これらは両者とも、左肩部の裏込め充填圧が卓越していたことによるものと考えられ、裏込め充填により組立時の約50%の最大曲げモーメントが作用している。

また、土圧による増分断面力に着目すると、軸力増加量の平均値より簡単に作用土圧を推定すれば約 $3\text{tf}/\text{m}^2$ 程度と推定され、設計で考慮していた土圧（鉛直土圧 $20\text{tf}/\text{m}^2$ 、側方土圧 $13\text{tf}/\text{m}^2$ ）に比べ、実際の作用土圧はかなり小さかったものと考えられる。しかし、曲げモーメントでは組立時の約40%の最大曲げモーメントが発生しており、これは裏込め材に豆砂利を用いているために裏込め材の充填状況が不均一となり、わずかの土圧に対しても大きな曲げモーメントが発生したためと考えられる。

このように、裏込め材充填による断面力や、裏込め材の不均一性に起因するような断面力については、事前に予測することが非常に困難であり、ライナーを合理的に設計することを非常に困難にしている。

4. まとめ

- ①簡易継手を用いた本ライナーにおいても、千鳥組による添接効果が十分に発揮されることが確認された。
- ②組立時には設計値とほぼ同等の断面力が発生しており、組立時の設計モデルの妥当性が確認された。
- ③ライナーの作用土圧算定にあたっては、裏込めの施工法等も考慮に入れて検討する必要がある。
- ④本計測断面においては、作用土圧は約 $3\text{tf}/\text{m}^2$ 程度と推定され、設計土圧に比べ非常に小さかった。

参考文献） 森 益基・西岡 巖・伊藤 文雄・寺本 哲・梶 修：TBM用新型ライナーの設計手法，トンネル工学研究論文・報告集 第6巻，pp.15～pp.22，1996.11