

III- 629

コンクリート中詰め鋼製セグメントの設計法の提案

鋼製セグメント工業会 正会員○久我 昂、及川 義朗（新日本製鐵株式会社）

〃 染谷 洋樹（石川島建材工業株式会社）

〃 佐野 彰（日本鋼管ライトスチール株式会社）

1. はじめに

地下構造物の高層化が進み、シールドトンネルが大深度地盤中に施工されるケースが増加しつつある。このような場合、軸力が曲げモーメントより卓越することとなる。この条件に適合する鋼製セグメントとして、著者らはコンクリート中詰め鋼製セグメントを開発し、その基本的な強度特性を確認した¹⁾。本文では、コンクリート中詰め鋼製セグメント設計方法について述べる。その結果、本セグメントの設計方法としては、曲げモーメントを鋼殻に、軸力をコンクリートに負担させる設計方法が簡易かつ合理的であると思われる。

2. セグメントの特徴

本セグメントの鳥かん図を、図-1に示す。これを見るとわかるように、本セグメントは鋼殻中にコンクリートを充填したセグメントで、既存の鋼製セグメント構造を基本としている。しかし、鋼殻中充填したコンクリートは鋼殻の防食効果を有し、二次覆工の省略も可能であると考えられる。現段階における構造設定を表-1に示す。

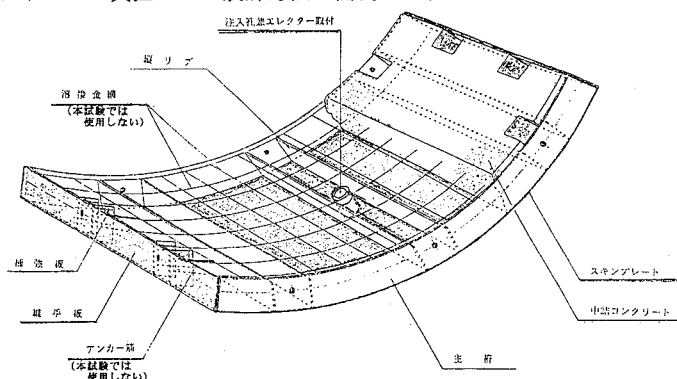


図-1 コンクリート中詰め鋼製セグメント鳥かん図

表-1 コンクリート中詰め鋼製セグメント構造設定

	設定条件
本体	- 鋼殻は、曲げモーメントと軸力の一部を負担するものとする。 - 中詰めコンクリートは、断面の中立軸の圧縮側で軸力の大部分を受け持つものとする。
縦リブ	- リング継手ボルトの引張力に対応する。 - ジャッキ推力の応力に対応する。
ボルトの配置	- リング間は止水性の確保から、ボルト間隔は600mm程度以下とする。 - セグメント間は応力伝達から、鋼殻のリブ（主桁）近く配するのが良いが、リング間と同様に止水性も考慮したものとする。
中詰めコンクリート	- 設計基本強度は応力分担の関係から、240kgf/cm²程度とする。 - 二次覆工省略型トンネルにおいては、耐久性を考慮して、中詰めコンクリートを盛り上げるものとする。
吊手金具	エレクター兼用注入孔とする。
ボルトボックス	ボルト締め付け空間はRC系セグメントと同様にする。
剥離状欠けの落下防止	内面の表面近くの剥離状欠けの落下防止のため、溶接金網またはラス材を入れるものとする。

3. セグメントの設計

本セグメントの設計方法として、①鋼殻本体のみ有効とする方法（コンクリートを無視する方法）、②中立軸より圧縮側のコンクリートのみ有効と考え、その部分を強度部材として鋼に置き換える方法、③曲げモーメントを鋼殻に、軸力をコンクリートに負担させる方法が考えられる。以下ではこれら3つの設計方法の特徴を示し、本セグメント設計への適用性について述べる。

（1）鋼殻本体のみ有効とする方法

この設計方法は、従来の鋼製セグメントの設計に基づくものであり、中詰めしたコンクリートの強度性能は無視している。これは、鋼殻中のコンクリートの挙動が明らかでないため、鋼殻とコンクリートとの合成構造と評価するのは困難だからである。実際、コンクリートを鋼殻中に中詰めした鋼製セグメントは、これまで二次覆工をしないシールドトンネルにおいて採用された実例がある。しかし、この場合はジャッキ推力はコンクリートに負担させるものの、本体の設計は鋼殻本体のみで行われている。つまり、コンクリートは基本的には防食部材として扱っている。この方法は、設計的には安全側の設計となり危険性の最も少ない設計方法であるが、実験からも中詰めコンクリートがセグメント荷重を負担するのは明らかであり²⁾、合理性にやや欠ける設計法であると思われる。

（2）コンクリート（圧縮側）を鋼に置き換える方法

この設計法は、まず鋼殻のみで中立軸を求め、その中立軸より圧縮側のコンクリートを強度部材として設計に盛り込む方法である。圧縮側のコンクリートのみ有効としたのは、コンクリートの引張り強度が圧縮強度と比較して小さく、引張り側のコンクリートがすぐに破壊してしまうためである。コンクリートを鋼に置き換える弾性係数比は、通常のRC系セグメントの設計にも用いられる弾性係数比15、あるいは合成桁の設計に用いられる7³⁾が考えられる。この場合、この弾性係数比によりセグメントの設計が大きく左右されるため、強度部材としてのコンクリートの評価基準を検討する必要があるものと思われる。

（3）曲げモーメントを鋼に、軸力をコンクリートに負担させる方法

この設計法は、鋼が曲げモーメントに強く、コンクリートが軸力に強いという双方の長所を設計に盛り込む方法である。セグメント本体の設計は、セグメント本体に作用する断面力のうち、正負の最大曲げモーメントとその位置に生ずる軸力を用いて計算した主桁応力度が許容応力度を満足しているか否かで行われる⁴⁾。このうち、軸力に対する応力度は部材の断面積により決定する。しかし、鋼製セグメントの内部は中空であるため有効断面積は、同等の桁高を有するRC系セグメントと比較して小さい。ここで、コンクリートが圧縮に強いという特徴に注目して軸力はコンクリートが負担すると考えると、鋼殻の主桁厚を厚くすることなく、セグメントの設計が可能となる。これにより、構造的にも経済的にも合理的なセグメントが設計できるものと考えられる。この方法を用いるにあたっては、曲げモーメントと軸力が同時に作用する状態におけるセグメントの強度特性および挙動を明らかにする必要があるものと考えられる。

上の3つの方法を比較すると、現段階では（3）が簡易かつ合理的な設計方法であると考えられるが、セグメントの特性とともにそれに適した設計方法の検討が必要であると思われる。

4. まとめ

本研究は、鋼製セグメント工業会における開発として行ったものである。今後は、本セグメントの基本性能をより明らかにするとともに、合理的な設計方法の検討を行っていく予定である。末尾となりましたが、本研究を進めるにあたって御指導頂いた早稲田大学の村上名誉教授、小泉教授の慎んで謝意を表します。

<参考文献>

- (1) (2) 三木甫・大口克人・浅野裕輔：コンクリート中詰め鋼製セグメントの強度特性, 土木学会論文集, 1994
- (3) 土木学会：トンネル標準示法書（シールド編）・同解説
- (4) （社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説