

シールドトンネル開削切開き部における鋼殻の設計法について

首都高速道路公団 東京建設局 正会員 大場 新哉
 首都高速道路公団 東京建設局 正会員 ○小島 直之
 鹿島建設株式会社 土木設計本部 正会員 山中 宏之
 大成・フジタ・戸田建設共同企業体 正会員 森 益基

1. はじめに

首都高速中央環状新宿線シールドトンネル工区における出入口等の分岐合流部の施工法としては、「シールドトンネル開削切開き工法」を採用している。この施工法は、並設で設置される2本のシールドトンネルに対して、これらのトンネルを施工後に、分岐合流部を地表面から開削し、鋼殻セグメントの一部を切開いて、分岐合流部の躯体を構築するものである。

本稿では、この「シールドトンネル開削切開き工法」における鋼殻の設計法の概要について報告する。

2. 鋼殻設計における課題

開削切開き部の鋼殻における設計上の主な課題は、以下のとおりである。

(1) 鋼殻と躯体の適切なモデル化

切開き部の構造概要を図-1に示す。この構造は、比較的剛性の高いRC躯体とフレキシブルリングである鋼殻構造が結合して構成されている。これら2つの構造の接合方法としては、鋼殻に設置したシアコネクタ¹⁾により、欠円リングとなる鋼殻と躯体の一体化を図っている。

鋼殻に発生する応力を適切に評価するためには、鋼殻と躯体一体系から成る複合構造全体の剛性を適切に評価したモデル化を行うこと、また、鋼殻と躯体の接合状態を適切にモデル化することが必要である。

(2) 躯体の剛性低下の評価

RC構造となる躯体は、図-2に示すように完成後、クリープや曲げひび割れにより曲げ剛性が低下し、変形量が増大する。この躯体の変形量が鋼殻の断面力に大きな影響を与えるため、これを適切に評価した設計が必要となる。

(3) 施工時の先行応力の評価

切開き部の施工手順を図-3に示す。施工手順としては、まず、山留め壁を施工した後にシールドを掘進する。次に、掘削に伴う鋼殻の変形を防止するために、トンネル内に内部補強工を設置した後、地表面から掘削を行う。そして、シールド間の掘削を行いながら頂版、底版および中壁を構築し、最後に鋼殻を撤去する。

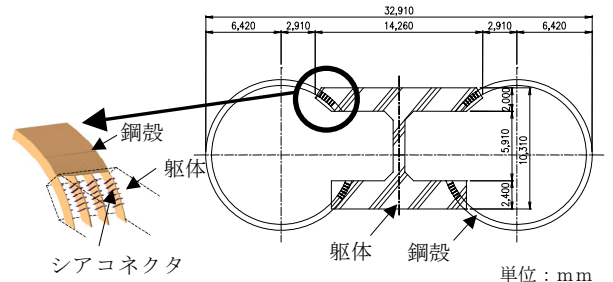


図-1 構造概要図

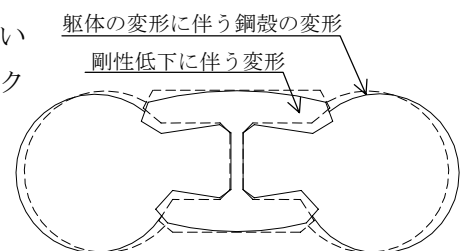


図-2 躯体の剛性低下

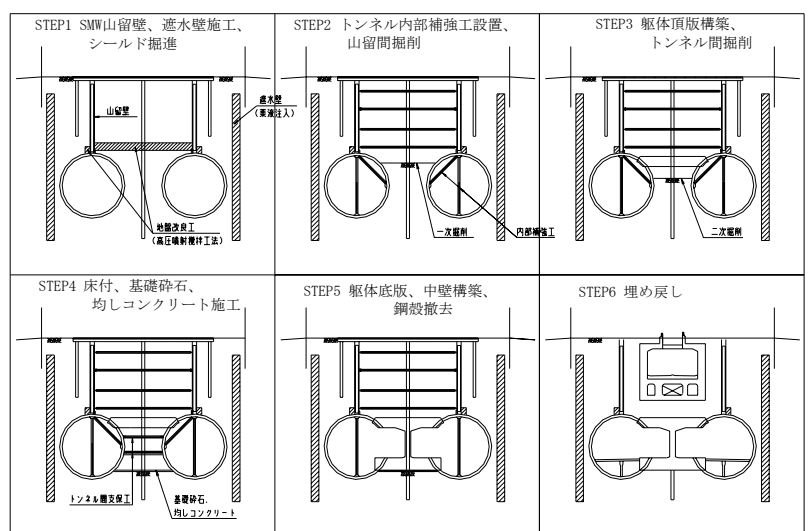


図-3 施工手順

キーワード 切開き、鋼殻、ソリッドモデル、剛性低下、先行応力

連絡先 〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-6-2 Tel: 03-5320-1624

上記に示した各施工段階において、鋼殻には、様々な変形や応力が発生する。設計においては、これら各施工段階における鋼殻の応力照査を行うとともに、施工時の残留応力を踏まえて完成時の部材照査を行う必要がある。

3. 鋼殻設計法の概要

(1) 鋼殻と躯体のモデル化

解析モデルとしては、複合構造としての構造全体系の剛性を適切に評価するために、鋼殻のみを両端固定の欠円モデルとするのではなく、鋼殻の欠円モデルと躯体の全体系をモデル化する。モデル化の方法としては、鋼殻を剛性一様のビーム材、また、躯体をソリッド要素でモデル化した。このモデル化により、鋼殻と躯体の接合部付近の断面力を適切に評価するものとした。

躯体をソリッド要素でモデル化した場合の断面力をビーム材でモデル化した場合と比較して図-4に示す。これより、鋼殻と躯体の接合部付近の断面力において、両者には特に有意な差異が確認できる。

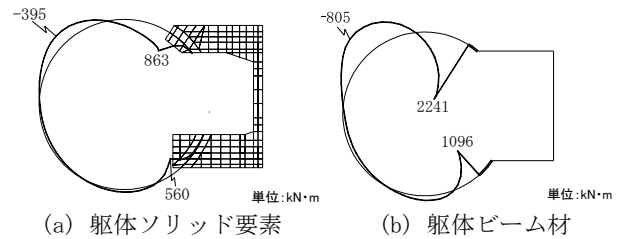


図-4 断面力の比較（曲げモーメント）

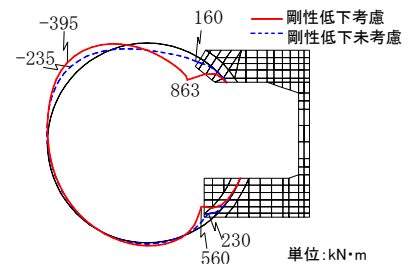


図-5 断面力の比較（曲げモーメント）

(2) 躯体の剛性低下の評価

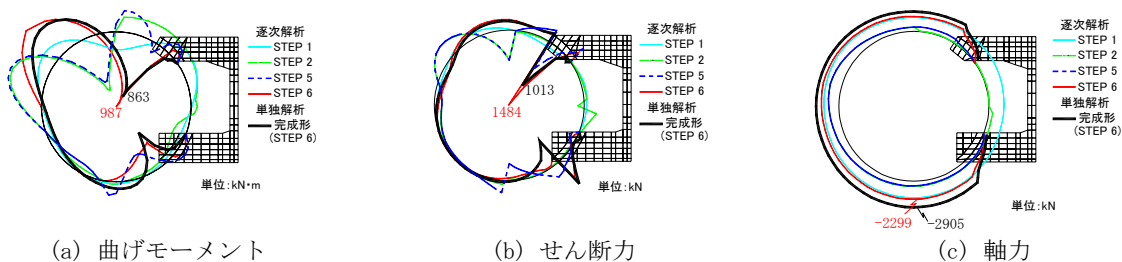
曲げひび割れ、クリープ、および乾燥収縮による剛性低下の影響を考慮した躯体の有効剛性を「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕」²⁾に基づき算出し、その剛性を用いて鋼殻と躯体全体系の解析を行う。これにより、躯体の長期的な変形の影響を踏まえた鋼殻設計を行うものとした。

剛性低下を考慮した場合の断面力を、これを考慮しない場合の断面力と比較して図-5に示す。これより、剛性低下の影響により、鋼殻と躯体接合部付近の断面力が増大していることが確認できる。

(3) 施工時の先行応力の評価

施工履歴を考慮した逐次解析により、施工時の先行応力を適切に評価した鋼殻設計を行う。逐次解析では、上記で述べたとおり、鋼殻についてはビーム材で、躯体についてはソリッド要素でモデル化した上で、地盤を地盤バネで評価している。この逐次解析手法の妥当性については、2次元非線形FEMによる逐次掘削解析により確認している。

逐次解析結果の例を、施工履歴を考慮しない単独解析結果と比較して図-6に示す。これより、施工時の応力が躯体完成時にも残留することが確認できる。



注) 施工ステップについては、図-3 施工手順を参照されたい。

図-6 逐次解析結果

4. おわりに

鋼殻の設計においては、施工過程で生じる地盤や各構造体の様々な挙動に対し、検討を加えながら設計を進めているが、これまでに経験のない施工内容が含まれているため、施工途上で解決しなければならない問題が生じることも十分に考えられる。実施工に際しては、作業の安全性と構造物の品質確保を図るために、種々の計測管理を行いながらの施工が必要であると考え。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼・コンクリートサンドイッチ構造設計指針(案)、pp. 17-20、1992. 7.
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕、pp. 108-111、2002. 3.