

解説 発進と到達

既設構造物直接到達時の検討事例

みやもと てつや
宮本 哲也
(株)エイト日本技術開発



1 はじめに

都市部には既存インフラが多数あり、経年劣化や自然災害、社会的環境の変化等に対応するため計画の見直しが生じ、パイプラインについても今後、増補改築が不可欠となることは自明である。この場合、供用中の既設構造物に接続せざるを得ないことも生じる。当初より予定されている場合には事前の対策が可能であるが、計画の見直し等起因する増補施設は、既設構造物においてその接続や競合を想定していない場合があり、既設構造物の改修や補強が必要となることがある。

通常推進工法は発進部と到達部に立坑を設けて施工をする工法であるが、近年では埋設物の輻輳、地上の制約条件等により、既設構造物に直接到達（接続）する工事が増加している。直接構造物に接続する場合には、接続される側に予め必要な補強を行なっておくべきである。しかし、補強を行っていない箇所に接続する場合は、新規にその補強方法を検討しなければならない。

本稿では、推進工法を用いて接続する場合の既存施設の補強の要否判断、補強方法について検討事例を紹介す

る。今回取り上げる事例は、供用前のシールド本管に刃口推進工法で到達する工事である。シールド本管に到達する工事は、これまでも数多く実施されているが、その設計や工法は統一されたものではなく多種多様である。

2 既設構造物接続にあたって留意すべき点

2.1 接続する推進工法における留意点

既設構造物に接続する場合、到達側ではスペースが制約されているので掘進機の引き上げができず、残置となり工事費が高価となる。また、掘進機内部の機器類を発進側まで戻して回収したり、掘進機部分に管内部の覆工を施す必要が生じる。接続する推進工法の選定では、内部機器の回収が容易であり、掘進機外郭がそのまま管きょとして使用できる機械式の推進工法を選定したり、構造が簡易で残置に係る費用が安価な刃口推進を選定する等、現場条件に適した掘進機の選定が必要である。

今回の事例では、施工性および経済比較の結果、地盤の補強を併用した刃口推進工法を採用した。

2.2 接続される施設側での留意点

接続される施設側では、開口による

欠損部ができることで構造上脆弱とならないように対策を講じ、また、接続部の水密性が保たれるように留意する必要がある。構造上の補強対策を講じる場合は、開口欠損による荷重の載荷条件が当初の構造モデルと変わることから、これらの荷重変化、断面耐力の変化等を考慮する必要がある。補強方法によっては、接続される施設側の部材が大きくなるため、供用中の管きょやマンホール等の施設に接続する場合は、流下機能や管理スペースを侵さないように留意する必要がある。また、施工時の十分な安全対策を講じなければならない。

今回の設計事例では、施工前に恒久対策としてのリング部材と梁部材の必要範囲および断面を求めた。これをもとに、施工時の一時荷重による増分も考慮した仮設部材としての部材断面を検討し、セグメント内部の補強部材を決定した。

3 設計事例

今回取り上げる事例は、供用前の貯留管であるRCセグメントによるシールドトンネルに推進管を接続するものであ

る。土被りは60mと深く高水圧がかかる箇所である。発進側は新設のマンホールであること、推進延長が短いことから刃口推進工法で推進するものである。接続管は貯留管と接続するため大きな内水圧が作用されるので、外力、内水圧から外殻鋼管付きコンクリート管とした。また接続箇所の土質は、硬質粘性土の互層であり、地下水も高いことから補助工法として凍結工法を採用した。

シールド本管：RC セグメント

(二次覆工省略内面平滑型)

推 進 管：外殻鋼管付き

コンクリート管

補助工法：凍結工法

地盤条件：硬質粘性土の互層

4 解析モデルの考え方

4.1 補強が必要になる条件

シールド本管に推進管が到達する場合でも、その接続管が小口径の場合には開口欠損の影響が小さく、補強を行なう必要はない場合があると考えられる。

筆者には、試算レベルで開口率（接続される本管外径と開口径の比）による補強の要否を検討した事例があるが、これによれば開口率が15%未満の場合は、通常セグメントの設計と同様に常時荷重の修正慣用法で断面力を算出し、応力度照査を行えばよい。一方、開口率15%を越える場合は、開口を考慮することができる計算手法で断面力の算定を行い、補強部材の設計を行う必要があると考えられた。

試算結果では、開口率15%についてリング解析のケーススタディを行ったところ、断面力、セグメント応力ともに増分はわずかであり、補強を必要としない結果を得た。また、開口率15%であれば、標準セグメントの最大径6mとした場合でも枝管の最大径は900mmとなり、標準的なセグメント幅1mを越

えない。枝管の径が1mを越える場合、スチールセグメントを形成する両側の主桁を2本とも切断しなければならず、単体のリングを形成することができなくなる。欠損が生じたリングの荷重は隣接するリングが負担するが、セグメントリングは通常、単リングの荷重分のみを見込んで設計しているため応力の余裕は期待できない。さらに、解析上ではセグメントの幅を考慮した計算ができず、結果として発生断面力に差異は現れない。

以上のことから、主桁を切断しない、または1本のみ切断することを仮定して、開口率15%を設定した。ただし、開口率が15%未満の場合であっても、標準幅1mより小さいテーパーセグメントなどセグメントの形態等により補強を考慮しなければならないような開口の場合は、リング解析を行うことが適当と考える。

4.2 解析モデルの比較

セグメントを開口することで発生する断面力を適切に評価し合理的な補強断面を定めるためには、解析モデルを適正に選択しなければならない。解析モデルにより発生する断面力が変化するので、その後の補強方法の選択肢が増え、仮設工法の組み合わせも増えるということになる。しかし、いたずらに複

雑な解析モデルを設定しても、簡易な解析モデルと大きく補強方法が変わらないこともあるので、モデル解析によって発生断面力の傾向を見極め、より実現象に近く合理的な解析手法を見だし、開口部の規模等を考慮した適切な解析手法を選定することも大切である。

セグメントリングの断面力算出手法として、二次元フレーム、多リングモデル、有限要素解析をあげる。以下その比較概要を示す。なお、比較検討に際しては、地盤条件、既設管の構造条件、枝管の構造条件をパラメータとして、ケーススタディを行った。

(1) 二次元フレーム解析

二次元フレーム解析は、セグメント主断面を円弧梁または直線梁に、セグメント継手を曲げモーメントに対する回転ばねに、リング継手をせん断ばねにモデル化して継手の曲げ剛性の低下および千鳥組による添接効果を評価する計算法である（図-1）。

これまでに枝管取付け部の設計手法で明確に示されているものとして、一般に採用されることが多い某自治体の手法をあげるができる。この設計手法は開口リングと隣接リングを単リングとして解き、開口リングに対しては開口端部に支点反力を設け、隣接リングに対しては、荷重を増加させることによって

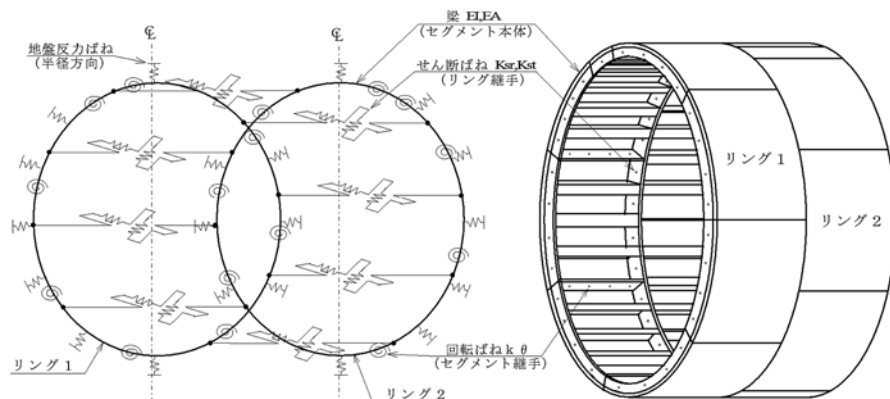


図-1 二次元フレーム解析概念図