

III-406 シールド工法に用いる場所打プレストレストライニングについて

国鉄 構造物設計事務所 正 小山 幸 則
 国鉄 東京工務局 正 飯田 廣 臣
 同 工 正 善知 手 太

1. はじめに

シールドトンネルの一次覆工は、セグメントを用いたプレハブ構造となっている。このセグメントはピース間、リング間ともにボルトヤピンなどの継手により結合されている。これら継手の存在により、セグメントリングの応力挙動は複雑であり、一般的にはこの継手を評価するために、曲げ剛性の有効率と曲げモーメントの割増率を導入して断面力を算定しているが、継手の形状や地盤の条件により大きく変化するためその値を正確に知ることとは非常に難しい。

また、継手の存在はトンネルの漏水を不可避なものとしている。漏水はトンネル保守上の大きな問題であり、最近、継手の漏水対策として高分子系のシール材が多く用いられているが耐久性に問題があり、セグメントの内側に二次覆工が施工されることが多い。したがってシールドトンネルは、セグメント自体が高価なものと二次覆工によるトンネル断面増大により高価なものとなっている。

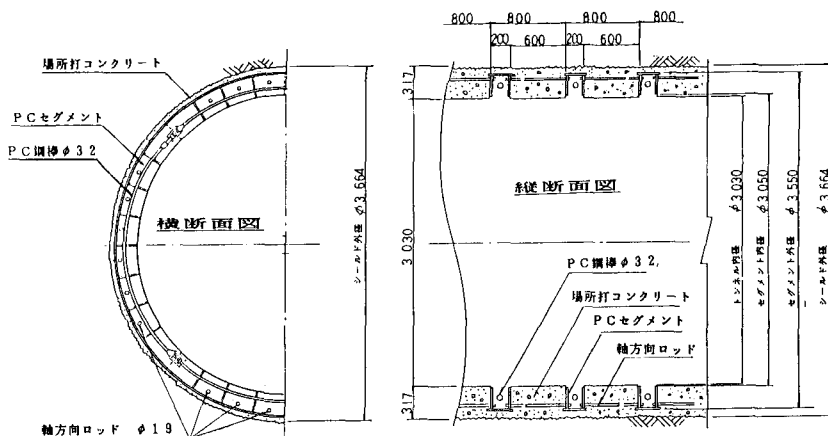
これらの問題を解決する方法の一つとして、セグメントを使用せずシールド機内で場所打ライニングを施工する方法がある。

2. 場所打プレストレストライニングの概要

従来の場所打ライニングはRC構造で考えられ、一部実験的に施工された例もあるが鉄筋の組立等の作業能率が悪く、結果的にシールド掘進速度を大巾に遅らせることとなり実用化までにいたっていない。またスチールファイバーコンクリートによる場所打ライニングも導入されているが、強度の点で国内では適用地盤がかなり限定されると考えられる。そこで作業能率が良く、また、剛性も高い場所打プレストレストライニングを考案し実施した。

場所打プレストレストライニングは、シールド機内で鋼製のPCセグメントを不連続に組立、その中間に場所打コンクリートを打設し、コンクリート硬化後にPCセグメント内に配置したPC材をリング方向に緊張することによりライニング全体にプレストレスを導入し、剛性一様で高強度のライニングを形成することを目的とするものである（図-1）

図-1 場所打プレストレストライニング概略図



3. 設計について

設計の基本的な考え方は、完全剛性一様リングとして計算した断面力による引張り応力をプレストレスを導入することにより打消し、プレストレスを有効に働かせるためPC鋼棒を偏心配置とする。

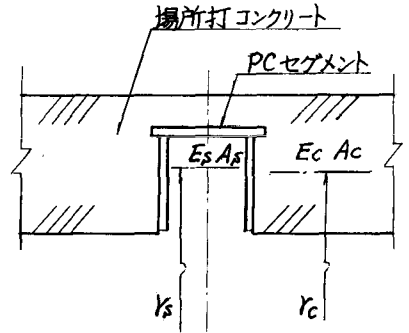
断面力はセグメント部と場所打コンクリート部の剛性比により分担するものとする。PCセグメント内で導入されるプレストレスの場所打コンクリート部への伝達は、その間のせん断抵抗に期待するものとする。

プレストレス及び偏心量は、(1)式を満足することにより求める。

$$\sigma_p = \frac{P}{A_c} + \frac{P \cdot e}{Z_c} > \sigma_{外力} \quad (1)$$

プレストレスによる、PCセグメントと場所打コンクリート間に作用するせん断力は(2)式により求める。

$$Q = \frac{P \cdot r_s}{r_s \cdot \left(r_c \cdot \frac{E_s \cdot A_s}{E_c \cdot A_c} + r_s \right)} \quad (2)$$



実験施工にあたっては、プレストレスの導入が場所打コンクリート部全体に剛性比どおり分担されるかどうか、又、トンネル断面に比較して微少な偏心量で期待する偏心モーメントが作用するかどうか、曲率の小さい円形に配置されたPC材の摩擦係数がどの程度か等を現場実験により確認する。

4. 実験施工の概要

場所打ライニングの作業能率（サイクル）の把握、PC偏心配置の効果、セグメント部と場所打コンクリート部の分担割合、トンネル方向へのプレストレスによるたかく流れを現場実験により確認することを目的とする。

現場実験は新幹線山手線パイロットトンネル内で行った。プレストレスはPCセグメントのフランジ部の突起により場所打部へ伝達させるように考えた。また、場所打コンクリート部には用心鉄筋としてトンネル軸方向にφ19mmの鉄筋を300mmピッチに配置した。

施工順序を図-3に示す。

5. あとがき

シールドの反力をライニングにとるのか、型枠にとるのか、又は地盤にとるかでPCセグメントの形状は変わり、又、プレストレスを伝達する機構もいろいろ考えられるが、本工法を汎用性のあるものとするためには、いかに作業能率を向上させるかが最も大きな課題と思われる。

なお、本工法の開発にあたっては、東大理工学部土木工学科、松本教授から多くの御指導をいただいた。

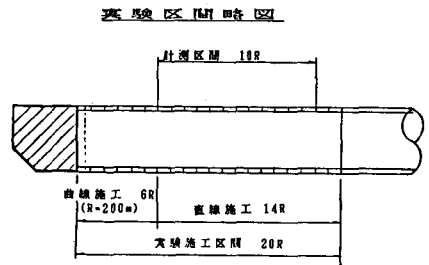


図-3 施工順序図

1. 場所打コンクリート硬化後、プレスリングを搬送させる。 2. PCセグメントをプレスリングに組付け、PC鋼棒に予張を与える。 3. 軸方向ロードをネジ込む。 4. シールドジャッキの荷重により打設幅にセットする。 5. プレスリングとPCセグメントの間にボルトを外す。	
1. 型枠組立 2. コンクリート打設	
1. シールドジャッキでプレスリングを押し付ける。 2. シールド推進 3. シールドジャッキを押し付けたまま、コンクリートの初期硬化時間保持する。	