

コスミック工法による長距離急曲線推進工の施工

東京土木施工管理技士会

奥村組土木興業株式会社

川畑 雅樹[○] 高木 久

Masaki Kawahata Hisashi Takagi

1. はじめに

当工事は堺浜地区再開発へ供給するための電力ケーブル用の管路（PPF管φ150mm15孔）築造を目的とし、外山公園内を発進基地として西側に、なにわ筋中央分離帯内までの723.5mを呼び径1350のヒューム管で推進するものである。

線形は図-1に示すように、発進してほぼ直線（500R）の285.5mを推進し、35Rの急曲線をほぼ直角（IA=88度）に曲がった後、383.2m推進して到達する。急曲線通過後、長く推進する工事である。

曲線推進では、急曲線通過後に推進できる距離は推進管の耐荷力に制限されて、長く推進できない。また、耐荷力に優れた高強度管の使用を選択した場合は、コストアップになるなどの課題があった。

当工事ではこれらの課題を解決し、推進工法で急曲線後に長い距離を推進するとともに、急曲線通過後の高価な管材費のコストダウンを図った。その課題と対応策、施工結果について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：鉄砲町付近管路新設工事(第2工区)
- (2) 発注者：関西電力(株)
- (3) 工事場所：自) 堺市堺区南島町5丁目
至) 堺市堺区三宝6丁目
- (4) 工期：自) 平成20年8月26日
至) 平成22年7月30日
- (5) 推進工法：泥水式推進工法
- (6) 呼び径：1350
- (7) 延長：723.5m
- (8) 平面線形：図-1
- (9) 土質：砂質土（N値5～7）、
砂混じり粘土（N値3～5）

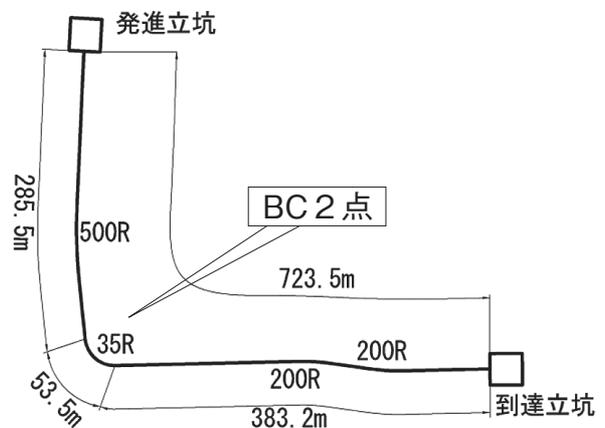


図-1 平面線形

2. 現場における課題

(1) 短い中押し装置が必要

推進距離を制限する推進管の耐荷力は、側方応力と軸方向力に対応する二種類である。側方応力に対応する推進管種は1種管、2種管であり、軸方向力に対応する推進管種は50N管と70N管である。

急曲線であるBC2点の許容推進力を算定すると、側方応力に対しては1種管で2,479kN、2種管で4,600kNとなった。軸方向力では50N管で3,590kN、70N管で5,250kNとなった。これによると、2種70N管を使用すればBC2点で4,600kNまで推進力を作用させることができる。

一方、コスミック工法の推進力算定式で推進力を求めた結果、総推進力（元押し部）は10,887kNとなり、急曲線であるBC2点の推進力は約7,900kNとなった。

BC2点での推進力が推進管の耐荷力を上回っていることから、推進管列の途中に中押し装置を配置して推進力を分担させる必要がある。中押し配置は計算結果から2箇所必要となり、掘進機の132m後方と、そこより151m後方に配置した。

中押し装置は中押し管（鋳鉄製の外筒管の内側にコンクリート製の内筒管を挿入している）の外筒管の内側に油圧ジャッキを装着したもので、外筒管と内筒管の端部で挟んでいる。通常は、中押し装置を装着した中押し管の長さは2m程度である。

一方、曲線を通る推進管長は曲線半径で決定され、半径が小さくなるほど、短くなる。曲線部では推進管継ぎ手の曲線外側部分が開口するが、開口しても止水性能を確保するために、開口長が制限されている。急曲線ほど開口長が長くなるが、推進管長を短くすることで開口長を制限長さ以内に留め止水性能を確保している。そのために、呼び径が1350で35Rを通過するには、管長を0.8m（標準管の1/3の長さ）と短くしなければならない。

中押し装置を装着した状態で、中押し管長が0.8m以内になる特殊な中押し装置の開発が必要で

ある。

(2) 2種70Nの推進管が必要

中押し装置を多数配置して推進力を分担すれば通常の耐荷力の推進管で推進できるが、中押し装置数が増加すると施工効率が低下してコストアップとなる。中押し装置の配置箇所を2ヶ所で留めるためには2種70N管が必要である。

2種70N管に相当する製品としては高強度のMAX管（鋼コンクリート合成管）があるが、外圧強度が当現場で必要とする以上の3種管でありオーバースペックとなる。

ヒューム管の2種管は膨張剤を添加することで外圧強度を確保し、通常は50N管のみ製造している。コンクリート管での2種70N管は製造ができないうえ、管長が0.8mと短いことから、新たな管の開発が必要となった。

3. 対応策と適用結果

(1) 特殊中押し装置の開発

従来のように、中押し管の外筒と内筒の間に中押し装置を挟んだ状態で管長を0.8m以内にするには、油圧ジャッキのストロークが70～80mm程度と短くなり施工性が著しく低下する。

そこで油圧ジャッキを内筒管の内側に沿わせて装着して、中押し管の外筒と内筒の間には図-2に示すようにジャッキストロークにより拡幅する掛止部のみを挟む構造とした。掛止部は32mmの鉄板2枚の厚みのみである。このような構造にすることで、ストロークが従来同様の200mmのジャッキを装着した状態で、中押し管の長さを0.75mにすることができた。能力は50kNジャッキを10本装着して500kNである。中押し装置を装着した中押し管を図-2、図-3及び図-4に示す。

(2) 推進管材の開発

使用する推進管は、管長が0.8mであることから施工性を考慮して、吊り下ろし手間や接合手間を軽減できるSR推進管を選択した。SR推進管は2ヶ所の可撓部で0.8mのヒューム管を3本接

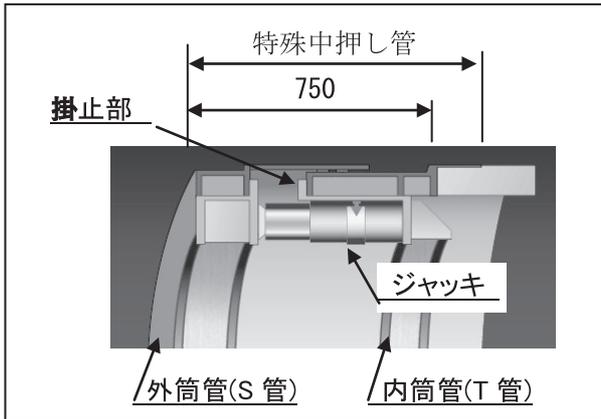


図-2 特殊中押し装置イメージ図

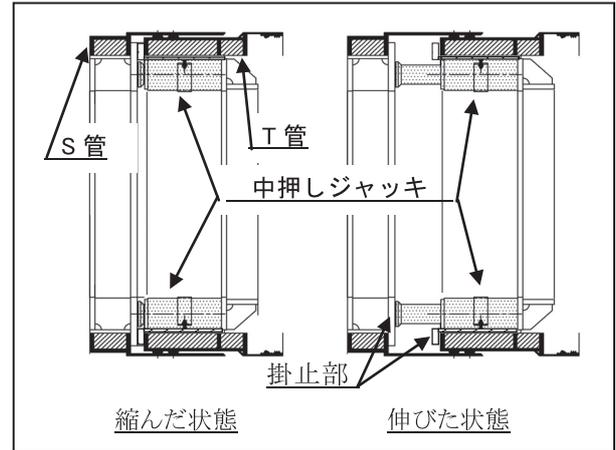


図-3 特殊中押し伸縮状況

続したもので、1本の長さが標準管と同様の2.43mである。現場接合をしないことから短い管を現場接合する場合と比較して継ぎ手部の止水性も向上する。

推進管は、管周方向のらせん筋を、内側・外側の合計鉄筋比1.0%配筋とし、膨張混和材と高強度混和材を同時に使用するが、1/3管と短尺であることや、BC2点を過ぎてからの推進距離も436.7mと長いこと等から、外圧強度を確保するとともに、急曲線部での想定外の圧縮応力にも対応できるように管外周に鋼板を巻くことにした。

これにより、膨張量の拘束をより効果的に得られるとともに、耐久性も確保できる。試作後、各種強度試験を実施して仕様を満たしていることを確認した後、実用する管の製作を行った。開発したSR-M管を図-5に示す。

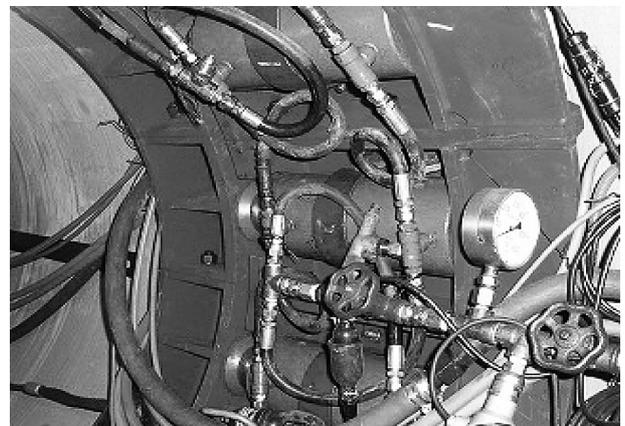


図-4 特殊中押し装置

(3) 現場導入

施工時の機械配置は、推進力算定計算の条件とした摩擦係数を満足するために、掘進機の後方に曲線造形装置、チェーン回転式摩擦低減装置を接続し、それより200m後方に1箇所目の中間摩擦低減装置を設置し、更に1箇所目より後方に100m間隔で4箇所の合計5基を設置した。

曲線造形装置は掘進機の進行方向を正確にコントロールし、滑らかな曲線を造形するためのものである。この装置は4節に折れるように各断面の円周上に油圧ジャッキを装備している。曲線部に



図-5 SR-M管外観

入る前に曲線内側のジャッキを曲線半径から求めた所定の開口量となるよう縮めておくと、推進力は外側のジャッキのみに働くので、掘進機は側圧に頼らず曲線内側に回転する。その結果、なめらかな曲線を造成できる。これにより、曲線を通過する推進管の摩擦を低減する。

チェーン回転式摩擦低減装置は管外周面に設け

た溝の中を複数のビットを装着したローラーチェーンが回転する。同時に管内の注入孔から放出された滑材を管外周にくまなくゆきわたらせる。ローラーチェーンに取り付けた管外周面より10mm突出しているビットがテールボイド（推進管と孔壁の隙間）の土砂と滑材を混合して管外周に土砂滑材混合層を形成する。これによって滑材が逸散しにくくなり、テールボイドを保持して滑材効果を長期にわたり持続することができる。更に中間摩擦低減装置を配置することで摩擦低減効果を維持する。

(4) 適用結果

推進力管理はBC 2点の推進力を推進管耐荷力の80%以内とすることを目標に元押し推進力を監視した。線形管理は、急曲線部の35R 通過時は、常時、推進管内面の開口差（32mm）を管理するとともに、800mm 推進する毎に測量を実施した。

これにより、35R 部分は20mm 程度の管芯誤差で通過できた。急曲線部以外の測量は推進管を1本推進する毎に実施した。その結果、到達時の誤差は水平方向が左30mm、鉛直方向が下30mmであった。

今回の実施推進力は、これまでの推進現場と比べて遙かに少ない。推進力の推移を図-6に示す。

最終到達時の推進力は4,300kN と設計推進力の40%程度と低い値であった。施工は、中押し装置を使用することなく元押し設備のみで到達することができたことから、中押し装置の運用性等は確認することができなかった。

これは、土質が計画と異なり、緩いシルト質であったことに加え、チェーン回転式摩擦低減装置がシルトを混合して、滑材土砂混合層がこれまで以上にうまく造成できたこと、SR-M 管の外周に巻いた鋼板がコンクリートに比べ、摩擦が少なかったこと等が考えられる。到達後の曲線部の状況を図-7に示す。

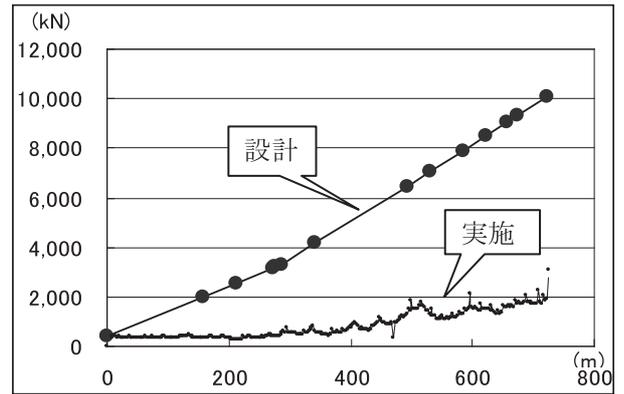


図-6 設計推進力と実施推進力

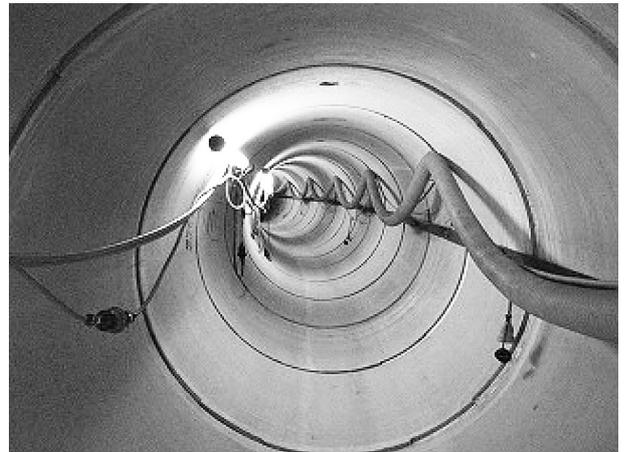


図-7 到達時の曲線状況

4. おわりに

急曲線に対応する要素技術を開発して、急曲線を通過した後、これまでになかった長い距離を推進することができた。この工事は、発注者や元請け業者と綿密な検討の末に実施されたもので、実績のあったシールド・推進併用工法の領域においても、推進工法で安価に施工できることを証明した。

年々、施工条件が厳しくなる長距離急曲線推進の施工において、競争力を高めるには、品質と経済性の向上が必須と考える。そのために、これまで以上に技術の改善や開発に努力する所存である。