

長大トンネル内におけるコンクリート構造物の超急速施工

西村 友彦* 佐藤 隆信**
Tomohiko Nishimura Takanobu Sato

市川 寛***
Hiroschi Ichikawa

1. はじめに

第二ケーブルトンネルは、香港電力(株)ラマ島火力発電所で発電された電力を、香港島南西部のナムフン変電所から香港島北東部のパーカー配電所へ送電するための、全延長5.53kmの高圧送電線配線用トンネルである。

入札時の企業先による原設計では、在来工法にてトンネル掘削後、必要とされる高圧送電線配線トレンチ等の諸設備を場所打ちコンクリートにて施工するように計画されていた。これに対して、我が社は環境問題、工期、経済性等の種々の問題を検討、勘案した結果、トンネルボーリングマシンによる掘削を代案として提案した。これが企業先である香港電力(株)に認められ、代案にてトンネルを設計施工することとなった。

この入札時の施工および工程計画の策定において、重要検討項目のひとつとなったのが、掘削完了後のトンネル内部構造物の施工方法であった。内部構造がほぼ同様であり過去に施工した第一ケーブルトンネルの経験を通して、当工事のような長大かつ狭隘なトンネル内における場所打ちコンクリート構造物の施工では、鉄筋組立、型枠の組立・解体およびコンクリートの打設等、トンネル内での作業が輻輳し、繁雑となるため、安全性、作業効率が著しく低下し、ひいては品質管理の困難を招き、また工程遅延の原因ともなりかねないことが予測された。そこでこれらの問題を解決するために、トンネル内部の主要コンクリート構造物は、基本的に全てプレキャストコンクリート部材とした。

なお、当プロジェクトの概要および基本施工計画の策定に関しては、技報第14号に掲載されているので、併せて読んで頂ければ幸いである。

2. トンネル内部構造物

当トンネルの建設目的は、Fig. 1に示すような3連275kVケーブルトレンチ、サービスケーブルトレンチおよびその他諸設備を設置することである。

各々のケーブルトレンチには、各3本の275kV送電線(直径140mm, 30kgf/m)が配置され、送電線設置後、トレンチ内は送電効率の適正化のため、良質の埋め戻し砂にて充填される。また、保守点検用電動車が走行できるように、トレンチ上を舗装する。

Fig. 1に示すようにトレンチ自体は単純な鉄筋コンクリート構造物であるが、その底板および側壁は150mm厚の複鉄筋構造となっており、全延長を場所打ちコンクリートにて施工するとすると、工程および品質管理上、非常に難しい構造物となっている。

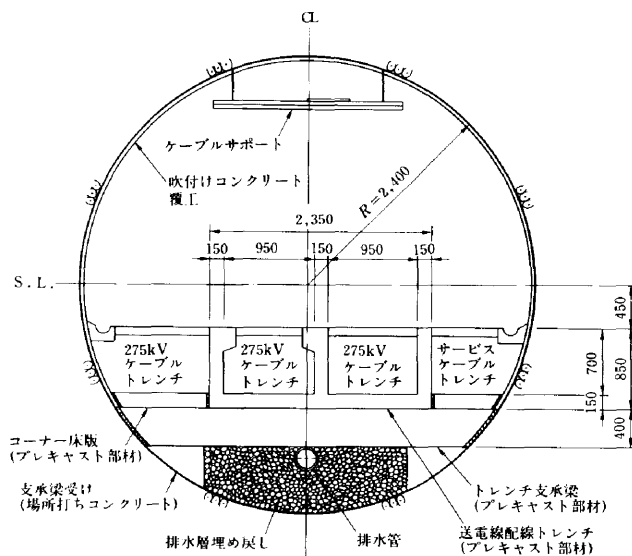


Fig.1 トンネル標準断面図

以下に、トンネル内部に設けられる主要コンクリート構造物の概要および機能を説明する。

①トレンチ支承梁

送電線配線トレンチを永久支承するために、トンネル掘削面上に設置される。構造的には、掘削面上に設けられる支承梁受けによって支持される単純梁構造である。なお、掘削面と梁端部の空隙は無収縮モルタルにて充填する。

また、トンネル工事期間中は、TBM 後方支援台車、ズリトロ台車、各種プレキャストコンクリート部材運搬台車等の工事車輛用仮設レール4本をこの梁上に設置し、枕木の代わりとして使用する。

②送電線配線トレンチ

275kV 送電線を設置するための、外形寸法が幅2.35

*香港(支)工事部設計課
**香港(支)柴湾(出)工事係長
***香港(支)技術開発部長

m×高さ0.85mの2連式プレキャストコンクリートトレンチで、トレンチ支承梁上に設置される。

③コーナー床版

トンネル掘削面と送電線配線トレンチ間のトレンチ支承梁上に設置され、送電線配線トレンチおよびサービストレンチを形成する。

3. 施工方法

(1) 施工法概念

トンネル内主要コンクリート構造物である送電線配線トレンチの基本施工法概念は以下のとおりである。

- ① 1ユニット長6.0mのプレキャストコンクリート製送電線配線トレンチおよびコーナー床版を、トンネル貫通後、トンネル中央より両坑口に向かって並行配置する。
- ② 設置作業は運搬台車により両坑口から各プレキャスト部材を設置場所まで搬入後、現場作製のガントリークレーン(20tf, 4tf)を用いて行う。20tfクレーンは送電線配線トレンチの設置、4tfクレーンはコーナー床版の設置に使用する。
- ③ 運搬台車および20tfガントリークレーンの走行レールは、トレンチ支承梁上に設置してあるトンネル掘削用の仮設レールがそのまま使用できるようにする。
- ④ 4tfガントリークレーンの走行レールは、トレンチ設置後不要となるトレンチ支承梁上の仮設レールをトレンチ側壁上に移設して用いる。

(2) 施工手順

Fig. 2に、トンネル内コンクリート構造物全体の施工手順、Fig. 3に、具体的施工方法を示す。

Photo 1 および Photo 2 は、送電線配線トレンチ、コーナー床版の設置状況写真である。

4. 施工実績

Fig. 4に、入札時の計画工程および実施工程を示す。

この工程表からもわかるように、約定工期内に全工事を完了するためには、TBMの発注時期およびTBMによる掘削速度を考慮すると、僅か5カ月のうちに全延長5230m(トンネル延長5530mのうちジョイントベイ部分60m×5カ所は特殊形状となるので、場所打ちコンクリートにて施工する)の送電線配線トレンチの設置を完了しなければならない非常に厳しいものであった。

なお、この5カ月の中には、上記の場所打ちコンクリートにて施工するジョイントベイ部分約300mの施工も

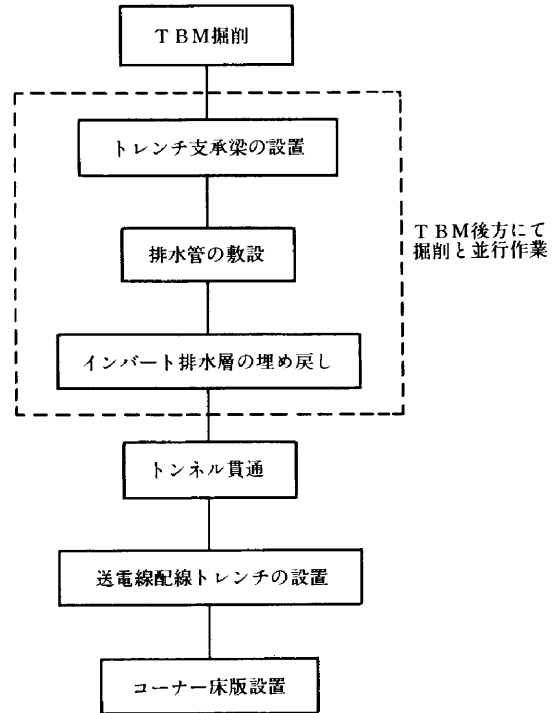


Fig.2 施工手順フローチャート

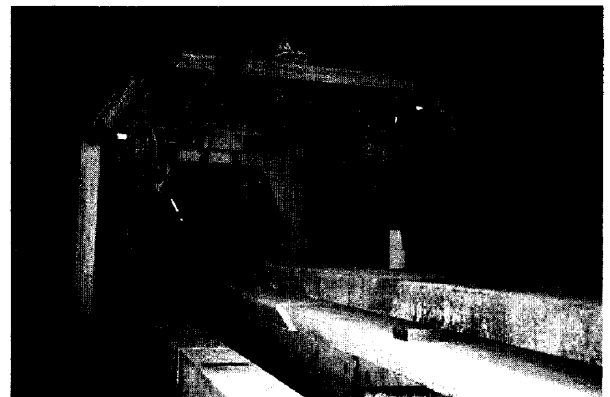


Photo 1 送電線配線トレンチ設置状況



Photo 2 コーナー床版設置状況

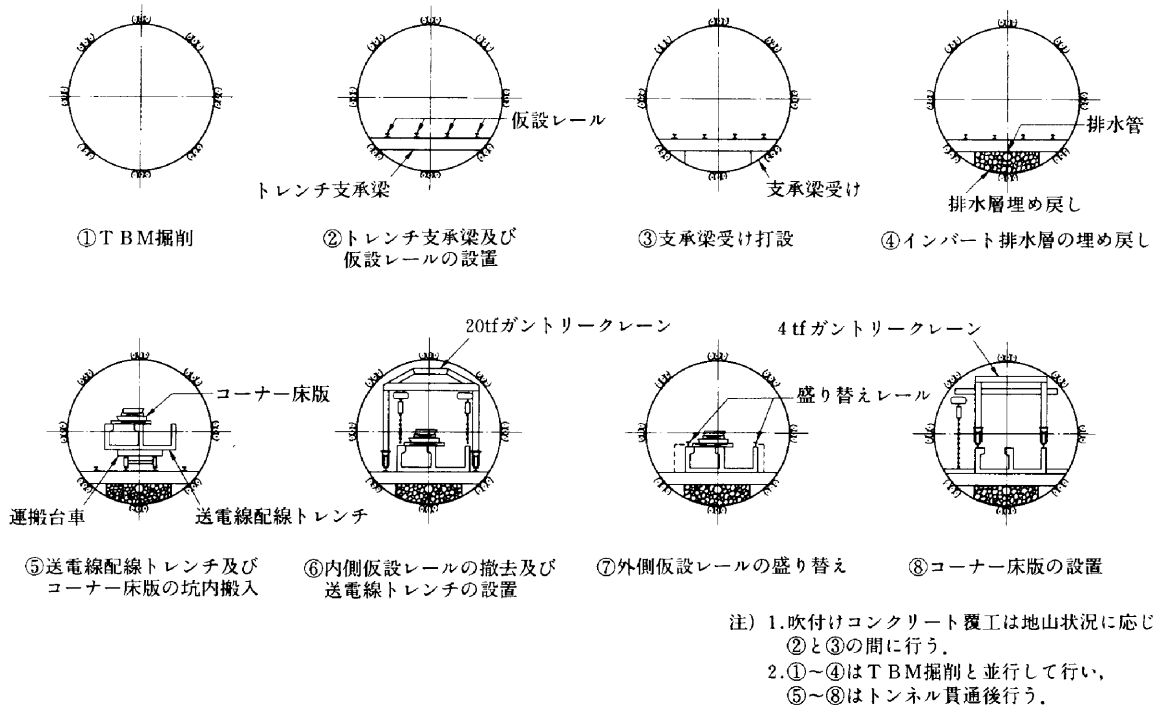


Fig.3 施工詳細図

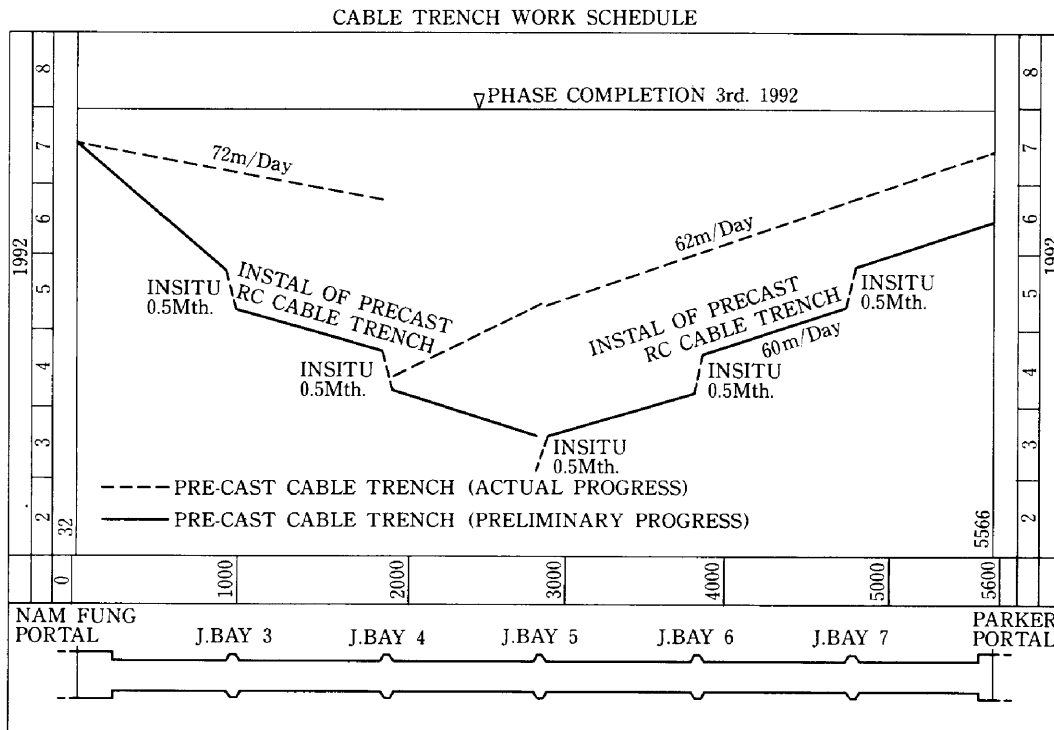


Fig. 4 工程表

含んでいるので、プレキャストコンクリート部の施工は更に厳しく、およそ3.5カ月で完了しなければならなかった。

種々の検討の結果、計画進行を片坑口当日進で60

m/日、月進で1500m/月としたが、実施工においては、以下に示す計画以上の進行を得ることができた。

- ・平均進行 65.2m/日/片坑口
- パーカー坑口側 61.8m/日

Table 1 施工実績比較表

	第一ケーブルトンネル	第二ケーブルトンネル
トンネル概要	在来工法による馬蹄形トンネル 延長約3000m	TBM掘削による円形トンネル 延長約5500m
内部構造物の施工方法	場所打ちコンクリート工法	プレキャストコンクリート工法
内部構造物の施工手順	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">トンネル掘削</p> <p style="text-align: center;">トンネル貫通</p> <p style="text-align: center;">インバート清掃</p> <p style="text-align: center;">排水管敷設</p> <p style="text-align: center;">排水層の埋め戻し</p> <p style="text-align: center;">鉄筋・型枠組立</p> <p style="text-align: center;">コンクリート打設</p> <p style="text-align: center;">コンクリート養生</p> <p style="text-align: center;">型枠解体撤去</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">トンネル掘削 *</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"> <p style="text-align: center;">インバート清掃</p> <p style="text-align: center;">排水管敷設</p> <p style="text-align: center;">排水層の埋め戻し</p> </div> <p style="text-align: center;">トンネル貫通</p> <p style="text-align: center;">プレキャスト部材設置</p> </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">* トンネル掘削と並行作業</p>
施工実績進行工程	12m/日/片坑口 片側1500mを約5.5ヵ月	65m/日/片坑口 片側3600mを約3ヵ月

ナムフン坑口側 72.7m/日

・最大進行 162.0m/日

ただし、上記進行は設置日数当りの進行である。したがって、ケーブルドラム(幅2.5m×高さ3.0m、重量約25tf)の投入、坑口の段取り替え、その他理由にて設置作業のできなかった日は除外してある。

5. 場所打ちコンクリート工法との比較

諸条件は多少異なるが、ほぼ同様のトンネル内部構造物を場所打ちコンクリート工法にて施工した第一ケーブルトンネルと、プレキャスト工法を採用した第二ケーブルトンネルの施工実績を比較し、Table 1～Table 3に示す。

比較表に示すとおり、内部構造物をプレキャスト化することにより、工種の簡略化および施工の簡略化が可能となり、場所打ちコンクリート工法では到底期待できな

Table 2 コスト比較表

	第一ケーブルトンネル	第二ケーブルトンネル
材料費	100	250
労務費	100	20
機械費	100	60
合計	100	170

注) 上表の数値は第一ケーブルトンネルを100としたときの値

Table 3 作業員数比較表

	第一ケーブルトンネル	第二ケーブルトンネル
1m施工当り	2.17人/m	0.47人/m
比率	100	20

い進行を達成することができた。また、コスト的には、単に1m当りの単価で比較すると割高となっているが、香港でも現在大きな問題となっている労務者不足への対応、作業環境の改善、品質管理の容易性および工期短縮という時間的メリット等を総合的に判断すると、十分に割安となり、特に長大トンネルの場合には、一義的には評価できない数多くのメリットをもたらすものと考えられる。

6. おわりに

今回は、トンネル内部のコンクリート構造物をプレキャスト化することにより、超急速施工を達成した。また、以下に示すプレキャスト化による効果および有用性が確認された。

- ①作業安全性の向上
- ②品質および精度の向上
- ③施工速度の向上 (工期の短縮)
- ④作業環境の改善
- ⑤作業員の省力化

今後も、このような長大かつ狭隘なトンネル内において、コンクリート構造物を計画、施工する機会が増大してくることが予想されるが、当工事がその一助になれば幸いである。

最後に、本工事の施工に当り御指導御協力を戴いた方々に感謝致します。