

東山地上連絡坑の設計・施工

(株) ピーエス三菱 名古屋支店	正会員	○武村浩志
パシフィックコンサルタンツ (株)	非会員	徳川和彦
同 上	非会員	金子雅明
大林・五洋・アイサワJV	非会員	玉井昭雄

1. はじめに

東山地上連絡坑は、名古屋高速1号四谷高針線東山トンネルの鉛直方向の非常用連絡通路として構築される内径φ8.2m、高さh=24.035mの円筒状の構造物である。工期短縮および狭隘な施工空間に対応するためにプレキャスト (以下PCa) およびプレストレストコンクリート (以下PC) 構造が採用された。分割数は円周方向に8分割、鉛直方向に11分割であり、円周方向および鉛直方向に各々プレストレスが導入された。本稿は、この東山地上連絡坑について設計・施工の面からそれぞれ報告するものである。図-1に東山地上連絡坑の一般図、図-2にPCaセグメントを用いたシャフト部の構造図をそれぞれ示す。

2. 設計

2.1 部材形状の決定

セグメント部材形状は、型枠の転用を考慮して円周および鉛直方向とも等分割とし、部材弧長3.220m、部材高さ2.185mとした。ただし、円周方向8セグメント中の1つのみに鉛直方向に7°のテーパをつけたKセグメントを設けて、最終セグメントの挿入性を考慮している。さらに円周方向のPC鋼材を定着させるためのピラスターが4箇所に設けられており、以上のことから、1リングあたりのセグメント種類はA (標準タイプ)、B (ピラスタータイプ)、K (くさび形タイプ)、BL (Kタイプ左側隣接タイプ)、BR (Kタイプ右側隣接タイプ)の5種類となった。図-3にセグメント詳細図 (Aタイプ) を示す。

2.2 PC鋼材の配置

(1) 円周方向

円周方向のプレストレス量は1セグメントにつきシングルストランドIS19.3を4段配置し、セグメント目地部において1.0N/mm²の圧縮力が導入される

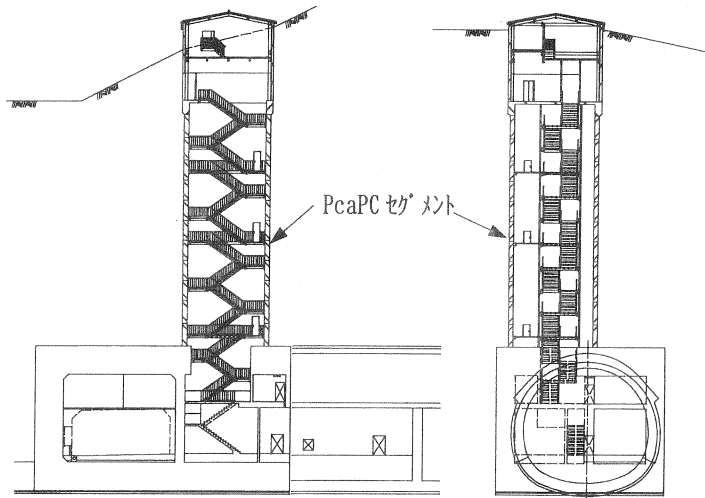


図-1 東山地上連絡坑一般図

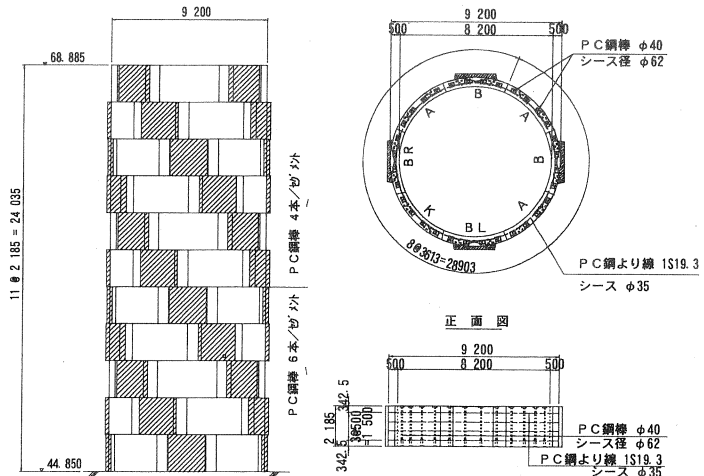


図-2 シャフト部PCaセグメント構造図

ように設計している。これは後述するリングジャッキアップ時に最低限必要な値である。4段のPC鋼材は定着位置を90°ずつずらした構造であり、緊張は半周ごとに行うこととした。セグメントは構造上および止水性等を考慮して22.5°ずつ回転しながら積み上げられていくため、この定着ピラストア位置も回転していく構造となっている。

(2) 鉛直方向

鉛直方向に11段積み重ねられたセグメントはPC鋼棒にて一体化される。この際、埋め戻し土に勾配があるため立坑には常時偏土圧がかかっていることから、立坑がトンネル部へと接続される頂版部(立坑基部)に引張力が生じることが予想されたため、この部分に着目した3次元FEM解析を行った。その結果、引張領域における平均応力が-2.70N/mm²となることが判明した。したがって、基部に引張力を生じさせないために、PC鋼棒SBPR1080/1230C種1号φ40を1リング当たり48本(1セグメント当たり6本)配置した。これは圧縮応力で3.26N/mm²に相当する。これによって、圧縮領域には6.63N/mm²の応力が生じることとなり、かなりの高軸力部材となっている。ただし、6段目セグメントからはこの本数を1リング当たり32本(1セグメント当たり4本)に減少させた。これらのPC鋼棒は、まずトンネル頂版内にデッドアンカーとして設置され、セグメントを積み上げるごとにカップリングにて接続されていく構造となっている。

表-1 立坑基部応力

	FEM	プレストレス	合計
引張側	-2.70	3.26	0.56
圧縮側	3.37	3.26	6.63

(N/mm²)

3. 製造

コンクリート打設は接合面の精度が要求されるのでセグメント外面を打設面とし、型枠中央に設けられた打設口より行われた。さらに1リング分の製作を終えた後、製作精度の確認、施工順序の検討などを目的に仮組試験を行い、その後の製作および本施工にフィードバックした。写真1、2にセグメント製作状況および仮組試験状況を示す。

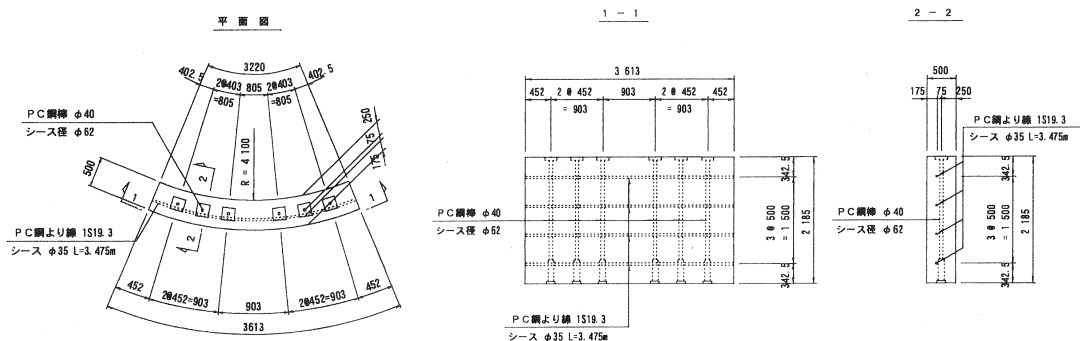


図-3 セグメント詳細図 (Aタイプ)

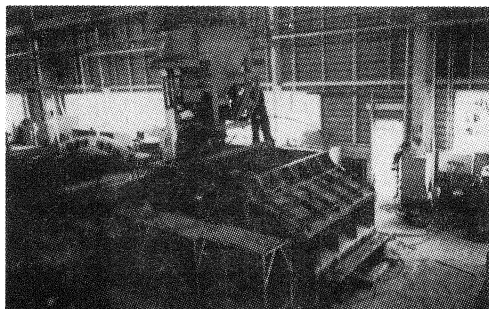


写真-1 打設状況

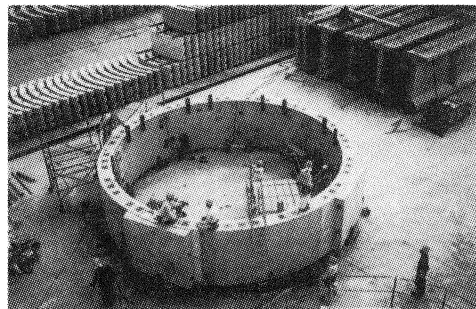


写真-2 仮組試験

4. 施工

4.1 施工サイクル

立坑は本坑施工時の機材搬入または土砂搬出用に設けられた29.4m×18.0mの作業用立坑内に設置されるが、セグメント設置箇所には土留め用の切梁があり、これが障害となった。セグメントの設置に障害となる切梁の撤去は土の埋め戻し完了後に可能となるので、立坑セグメントの施工は作業用立坑土の埋め戻し、切り梁の撤去と並行してのサイクル作業となった。セグメントの設置は図-4に示すように、2リング設置→鉛直緊張→土の埋め戻し→切梁の撤去の施工サイクルを6日間で行った。施工サイクルを図-5に示す。

4.2 工程管理手法

本工事に要求される第一の事項は工期短縮である。施工中にトラブルが発生し、その修復のために工程が遅延すれば、その目的を達成することが不可能となる。そこでそれを未然に防ぐ方法としてリスクを特定する工程管理手法を導入した。リスクの要因を下記に示す。

- ①鉛直および水平目地が存在すること。
- ②その目地にプレストレスが導入されること。
- ③作業空間が狭隘であること。

施工方法がある程度固まった時点でリスクアセスメントを実施した。リスク評価表は、施工中起こり得るリスクを洗い出し、リスクが起こる可能性とリスクが生じた時の損失のレベルに応じてポイントをつけ分類した。さらに、そのリスクを回避するための対応策を選定し、その方法の妥当性の検証を行った。妥当性の検証のために1つの例としてセグメント仮組試験を行ったが、すべてのリスクについての検証を行うことはできないので、仮組試験によって検証することが困難なリスクについては施工計画の検討、材料の品質資料、設計資料を元に行った。図-6にリスク管理のフローチャートを示す。

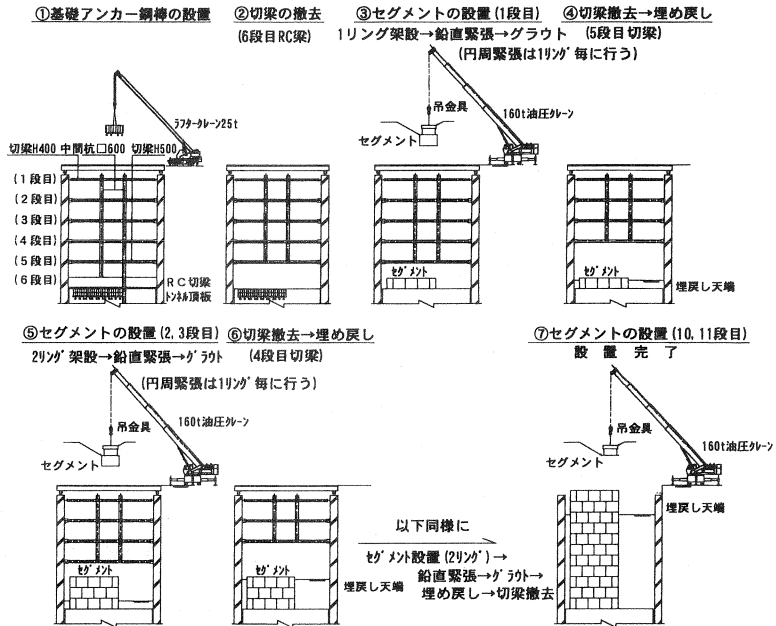


図-4 立坑セグメント設置順序

1日目	1 段 目	鉛直PC鋼棒の挿入
		セグメントの設置・鉛直PC鋼棒の接続
		円周方向PC鋼棒挿入・緊張
2日目	2 段 目	ジャッキアップ・セグメント水平接合面に接着剤塗布 ジャッキダウン
		鉛直PC鋼棒の挿入
		セグメントの設置・鉛直PC鋼棒の接続
3日目	3 段 目	円周方向PC鋼棒挿入・緊張
		ジャッキアップ・セグメント水平接合面に接着剤塗布 ジャッキダウン
		接着剤養生
4日目	4 段 目	鉛直PC鋼棒挿入
		セグメントの設置・鉛直PC鋼棒の接続
		円周方向PC鋼棒挿入・緊張
5日目	5 段 目	ジャッキアップ・セグメント水平接合面に接着剤塗布 ジャッキダウン
		接着剤養生
		鉛直PC鋼棒挿入
6日目	6 段 目	鉛直PC鋼棒緊張
		グラウト(鉛直・円周)
		セグメント外周の埋め戻し

図-5 施工サイクル

4.3 セグメントのジャッキアップおよび水平接合面への接着剤塗布

セグメントの配置は1段ごとにセグメント1/2個分ずつ回転しながらのセグメント積みを行う構造であるため、セグメントの水平接合部に施工・製作誤差による段差・不陸が生じる可能性があり、鉛直鋼棒緊張時にその部分への応力集中によるクラック発生の危険性があった。これに対してマッチキャストとすることも考慮したが、工程上の問題から採用するには至らなかった。そこでセグメントの水平接合部には接着剤を塗布し接合面の不陸整正を行うことで対応することとした。接着剤は2mm程度の厚塗とし、接合面の隙間が完全に接着剤で充填されるようにした。

水平接合面へ接着剤を塗布するために円周方向の緊張が完了しリングとして一体化したセグメント(リング重量 W=85.6t)を500kN油圧ジャッキ4台でジャッキアップを行った。その状況を写真-3に示す。接着剤塗布後、ジャッキダウンを行い再びセグメントリングを接合した。接合完了後、目視にて水平接合面の隙間が無いことを確認した。水平接合面に隙間が生じた場合には再度ジャッキアップを行い、接着剤を再度塗布した。

4.4 鉛直PC鋼棒の緊張

鉛直PC鋼棒は均等に緊張力を導入するため、1200kNセンターホールジャッキ4台を使用して4本ずつ緊張作業を行った。緊張作業に際しては専用のジャッキ吊り十字金具を製作し、クレーンを用いて行った。

5. おわりに

本地上連絡坑は、平成14年12月をもって無事にセグメント構築作業が終了した。立坑セグメントという前例のない物件に対し、製作時の精度管理および施工時のリスク管理など細心の注意を払い、安全に工事を終えることができたことは大変意義のあることと考える。現場打ちRC部材よりも大幅に工期を短縮できる本工法が、今後も発展していくことが望まれる。

謝辞

本工事にあたって多大なるご指導、ご尽力をいただいた関係各位に心から感謝の意を表します。

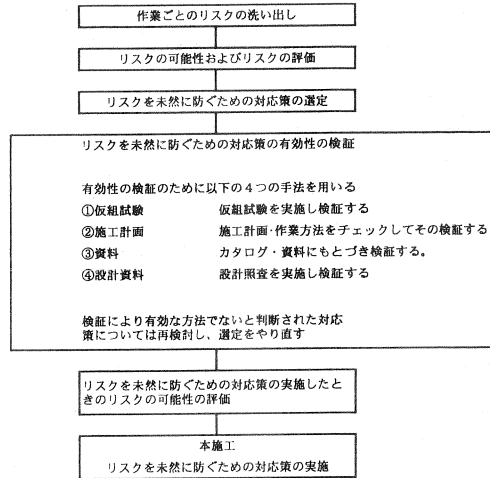


図-6 リスク管理のフローチャート

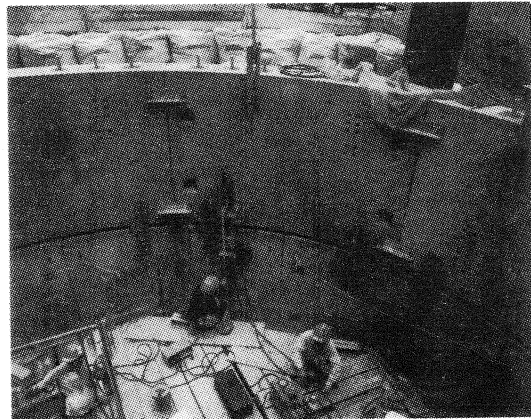


写真-3 セグメントリングジャッキアップ状況



写真-4 セグメント設置完了状況