

# 大規模円形連続土留め壁と一体構造とした沈埋トンネル換気塔下部躯体の構築

内閣府 沖縄総合事務局 那覇港湾・空港整備事務所 第三工事課 第三工事係長 山田 暁 やまだ あきら

## 1. はじめに

那覇港沈埋トンネルは、那覇港と那覇空港、及び本島南部との連絡を強化し、また、国道58号線の慢性化した交通渋滞の緩和を目的に計画された、那覇ふ頭地区港口部の三重城側と空港側の換気塔間724mを8函の沈埋函で結ぶ沖縄県内初の海底トンネルである。

那覇港沈埋トンネルの空港側換気塔下部躯体の構築においては、周辺作業ヤードが狭隘なため、また工期短縮及びコスト縮減を図るために、トンネル立坑掘削時に構築する円形連続土留め壁をそのまま換気塔下部躯体の側壁として流用する構造を採用した。

本報告は、大規模円形連続土留め壁と一体構造とした沈埋トンネル換気塔下部躯体の構築について報告するものである。



写真-1 那覇港沈埋トンネル位置図

## 2. 換気塔下部構造の概要

換気塔下部躯体を構築するにあたり、まず立坑の掘削を行うが、本立坑掘削のための土留め壁構造は、円形に打設した土留鋼管矢板の内部を、掘削しながら順次土留め側壁を構築していく、いわゆる「逆打ち(逆巻き)工法」で施工している。

また、通常構築した土留め壁は、あくまで仮設物として、本体構造となる換気塔躯体は掘削した立坑内に新たに構築するのが一般的であるが、本換気塔の場合、先に記述したとおり、トンネル立坑掘削時に構築した円形連続土留め壁を、そのまま換気塔下部躯体の側壁として流用する構造を採用している。換気塔下部構造図を図-1に示す。

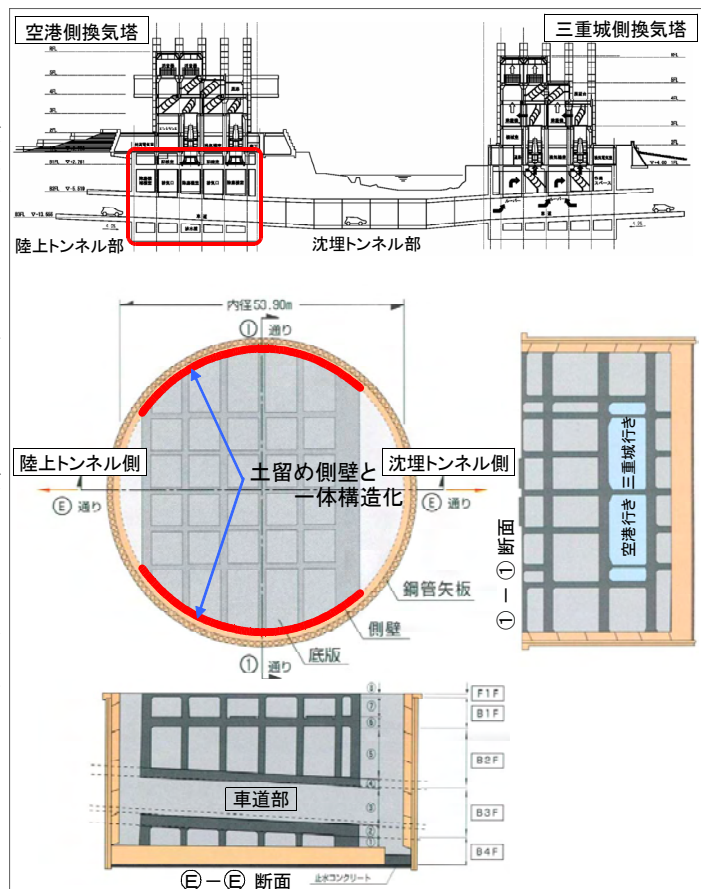


図-1 空港側換気塔下部構造図

### 3. 施工方法の変更

円形連続土留め壁のうち、海側堀割部については、躯体と沈埋函を接続するために切断・撤去するが、その撤去方法について、当初設計では図-2の手順による陸上施工として計画していた。

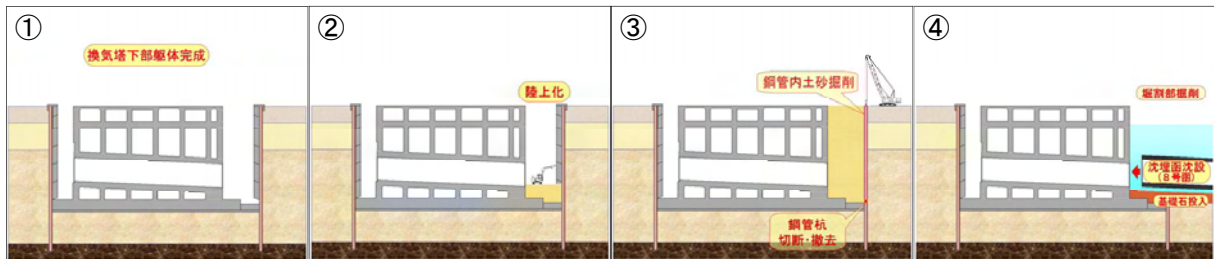


図-2 海側堀割部連続土留め壁の陸上施工手順〔当初設計での撤去方法〕

しかし、陸上施工の場合、地中約30m、杭径1,000mmの鋼管内という閉鎖空間で杭切断作業を行うことに加え、当該地点の土質に琉球石灰岩層が多く含まれ、土質が不均質で土圧が一定で無いため、切断後の杭の挙動が不明確であることなど、施工時の安全性確保に課題があった(図-3参照)。また、陸上施工では、下部躯体構築工から連続土留め壁撤去工、堀割部の掘削工に至るまで全ての工程がクリティカルとなり、各工種をラップさせることが出来なため工期も長く必要であった。

そこで連続土留め壁の撤去方法について、先に海側堀割部を掘削し、その後作業船により連続土留め壁を撤去する海上施工へと変更した。海上施工手順を図-4に示す。

海上施工への変更により、施工時の安全性確保が可能になった他、換気塔下部躯体が地下1階まで構築された時点で堀割部の掘削を開始出来るため、全体工程の短縮も可能となった。各撤去方法における概略工程を図-5に示す。

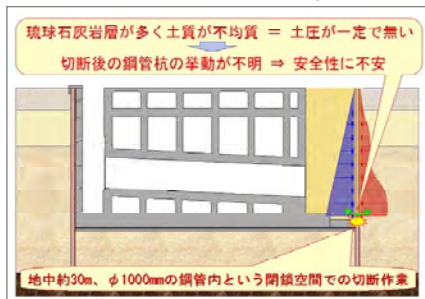


図-3 陸上施工案問題点

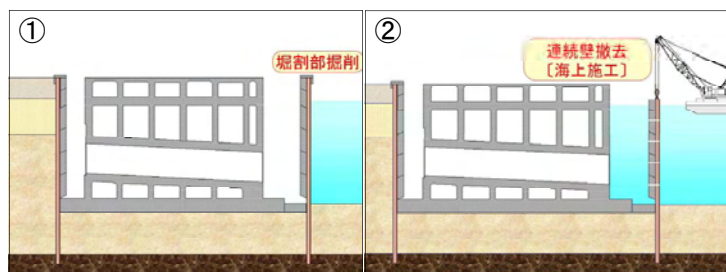


図-4 海側堀割部連続土留め壁の海上施工手順

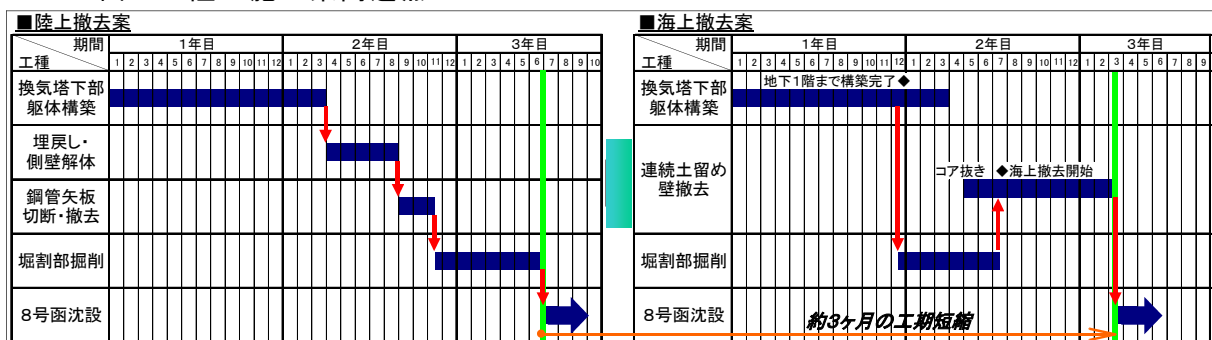


図-5 各撤去方法における概略工程

### 4. 施工方法変更に伴う発生応力増加

連続土留め壁の撤去を陸上施工から海上施工へと変更するには、換気塔下部躯体構築後すぐに海側堀割部の掘削を行うため、立坑掘削より先行して堀割部の土留め鋼管矢板を打設する必要がある。堀割部の土留め鋼管矢板を先行打設する

ことにより、円形に構築された連続土留め壁は、その結合部で拘束された状態となり、立坑掘削時における連続土留め壁の変形は、円による理想的なものとはならず、偏心変形することとなり、その状態で換気塔下部躯体を構築することとなる。

また、先に堀割部を掘削するため、堀割部側土留めの変位により立坑側連続土留め壁はさらに偏心変形することとなる。この様な応力状態の中で、連続土留め壁を撤去するため、撤去時に換気塔躯体内部に発生する解放応力は、陸上施工時よりも大きな力が発生することとなる。各施工方法における応力発生イメージを図-6、7に示す。

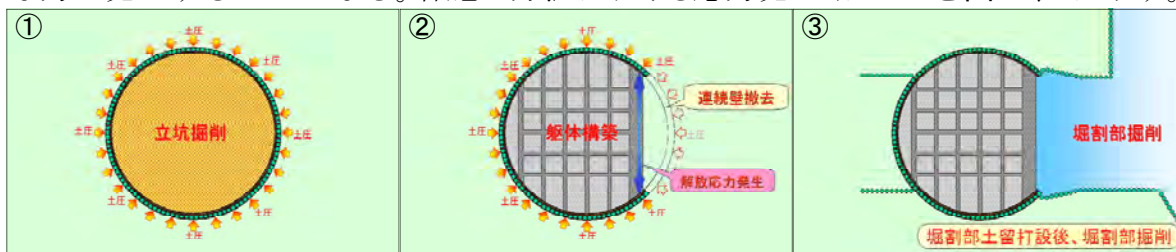


図-6 陸上施工における連続土留め壁撤去時の応力発生イメージ

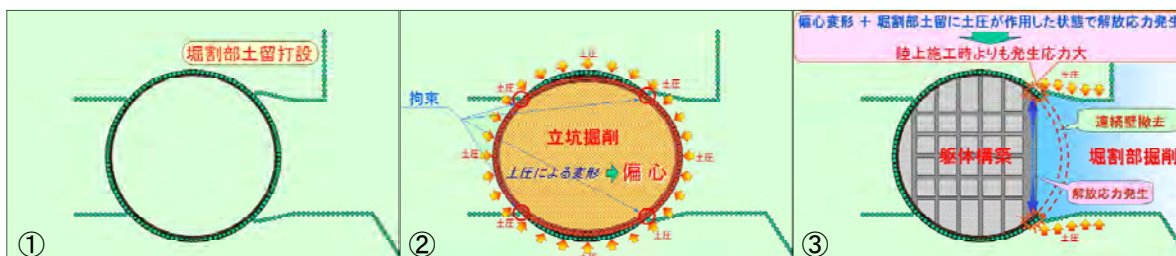


図-7 海上施工における連続土留め壁撤去時の応力発生イメージ

## 5. 中空PC鋼棒を使用したPC工法の採用

### 5. 1. 採用経緯

海上施工における各施工ステップでの応力発生状況を、3次元FEMにより解析した結果、特に応力が集中する換気塔下部躯体と連続土留め壁との結合部において、鉄筋2ランクアップを必要とするほどの発生応力の増加が認められた。

しかし、施工方法の変更を決定した時点で、現地ではすでに連続土留め壁の施工に着手しており、また、ランクアップが必要な結合部では、D51鉄筋を150mmピッチで配筋するなど、すでに鉄筋が過密配置された状態であった。

そこで鉄筋ランクアップに代えて、躯体内部にプレストレスをかけることで発生する解放応力に対応する方法を採ることとし、プレストレスの導入には、『中空PC鋼棒を使用したPC工法 (NAPP工法)』を採用した。

### 5. 2. 工法概要

NAPP工法とは、NAPPユニットと呼ばれる予め緊張された状態の中空PC鋼棒を型枠内の所定位置に配置し、コンクリートの打設、硬化後に緊張力を解放して、コンクリート部材へプレストレス力を導入するプレテンション方式によるPC工法のひとつである。本工法は新技術としてNETIS(国交省新技術情報提供システム)にも登録されている。NAPPユニットによるプレストレス導入手順を図-8に示す。

NAPP工法の特徴は以下の3点である。

- ① 施工現場において、反力用アバットや大型ジャッキを使用せずにプレテンション方式でプレストレス力を導入できる。
- ② NAPPユニットはプレストレスカの入った状態で、鉄筋などと同様に運搬・配置が可能。
- ③ 工場でプレストレスカが導入されるため、現場での緊張管理が不要。



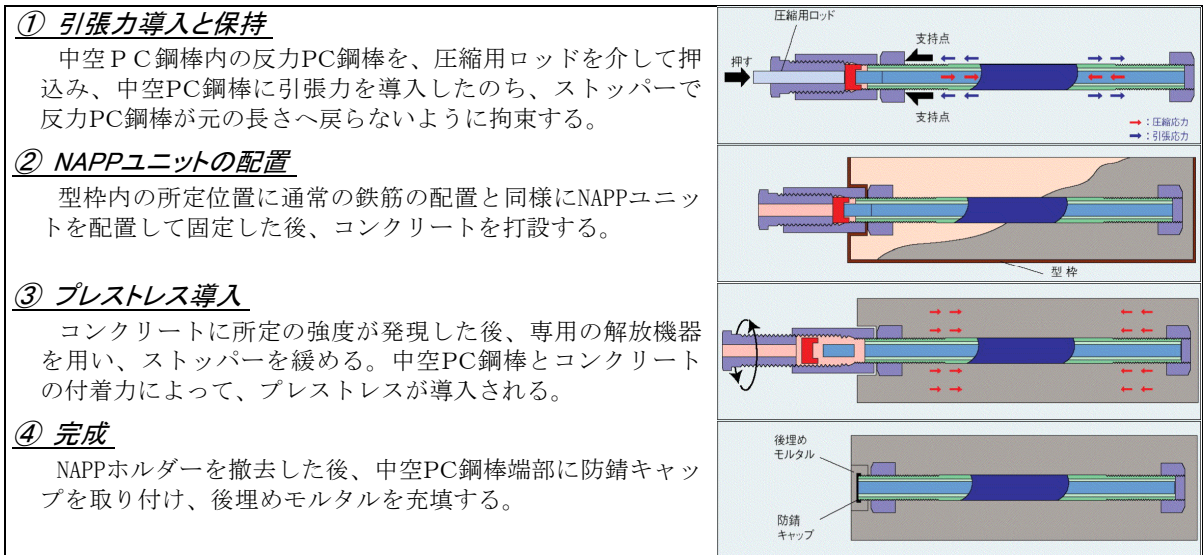


図-8 NAPPユニットでのプレストレス導入手順

### 5. 3. NAPPユニットの配置及び施工

使用したNAPPユニットは、プレストレス導入時の作業性を考慮し、図-9に示す曲線タイプのものを用いた。また、その配置は、連続土留め壁と換気塔躯体との間にプレストレスを導入できる様、図-10の様に配置している。

設置ユニット及び施工状況を写真-2に示す。

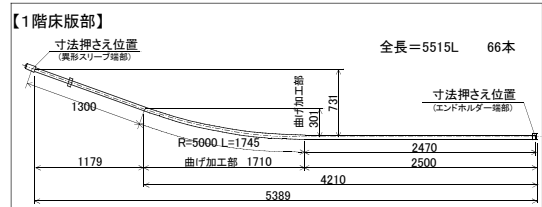


図-9 NAPPユニット形状図

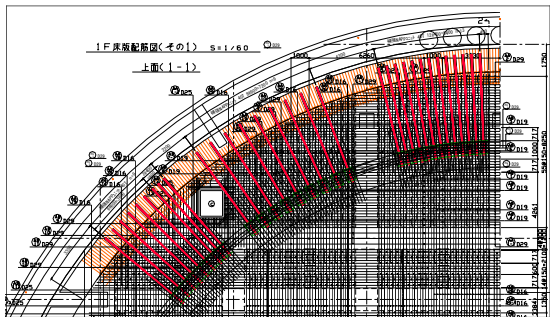


図-10 NAPPユニット配置図〔1F床版部〕



写真-2 設置ユニット及び設置状況〔床版部〕

## 6. まとめ

トンネル立坑掘削時に構築した大規模円形連続土留め壁と、換気塔下部躯体とを一体とする構造の採用によって、周辺作業ヤードが狭隘という課題を克服し、かつ工期短縮、コスト削減を図ることが出来た。

また構造が複雑であるが故に、施工方法の変更に伴い施工段階で躯体の一部に過度な応力集中が発生することとなったが、中空PC鋼棒を使用したPC工法(NAPP工法)という新技術の活用により課題を克服することが出来た。

今回採用したNAPP工法は、PC工法でありながら装置が簡素なため、通常の大径鉄筋の設置と同じ要領での作業が可能であり作業性は良好であった。また、現場での緊張管理が不要なため、当該工事の様な短工期かつ種々の工種が輻輳した現場での使用に適した工法と言える。



写真-3 換気塔完成イメージ