

那覇空港滑走路横断ケーブルダクト新設工事について

国土交通省 大阪航空局 空港部
土木建築課 土木第二係長 中村 允宣

1. はじめに

(1) 目的

那覇空港は、将来的に需給が切迫する事態が予想されていることから、平成15年度より国及び沖縄県が連携・協力し総合的な調査(PI)を開始し、滑走路増設の具体案の検討を踏まえ、複数の滑走路増設案から現在の滑走路配置計画が決定された。その後、環境アセスメント、公有水面埋立法や航空法の手続きを経て平成26年1月に事業着手がなされている。

滑走路が増設されると離着陸支援のため、航空灯火施設及び無線施設も併せて整備が必要となり、それらを運用するための電源及び通信(以降「電源等」)ケーブルの布設が必要となる。

本報告は滑走路増設に伴い必要となる電源等ケーブルを布設するための管路であるケーブルダクトについて空港運用を行いながら現滑走路直下に布設する「那覇空港滑走路横断ケーブルダクト新設工事」について報告するものである。

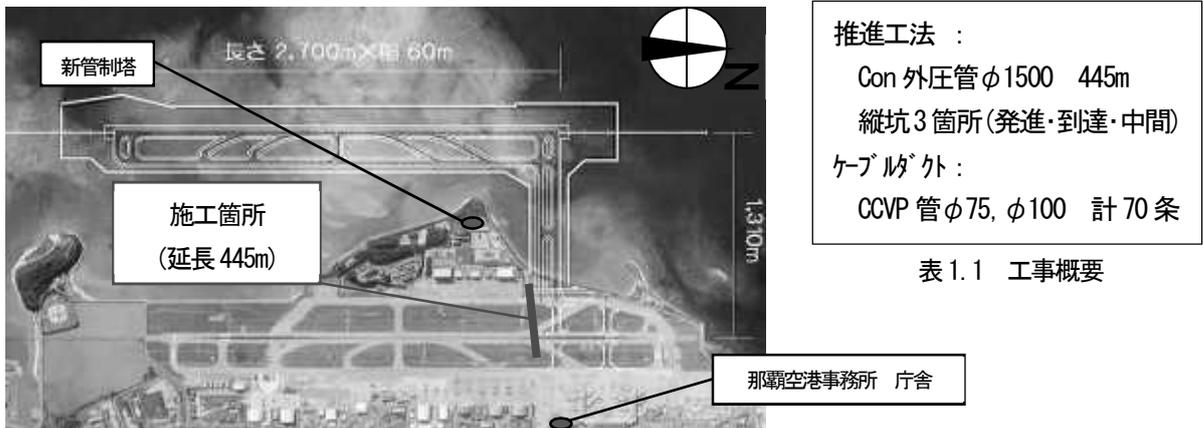


表 1.1 工事概要

2. 設計概要

(1) 施工方法の選定

増設滑走路に必要な電源等については、那覇空港事務所庁舎を経由し供給されるが、那覇空港事務所庁舎は現滑走路の東側にあるため、現滑走路を経由したルートが必要となる。

現滑走路を経由する案として、案1：現滑走路直下に設置する、又は案2：現滑走路を迂回し設置する、の2案が考えられるため、その2案について施工費の比較検討を行った。

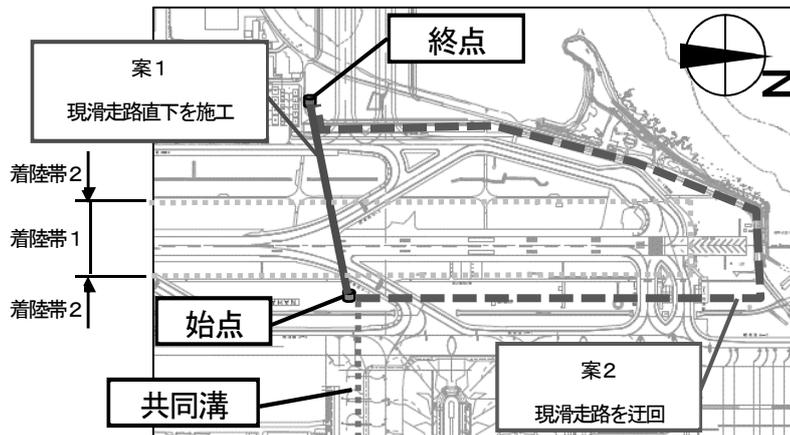


図 2.1 位置図

	案1：現滑走路直下を施工 (推進工法で試算)	案2：現滑走路を迂回 (開削工法で試算)
概略施工費	約8億円	約10億円

表 2.1 施工方法比較

那覇空港事務所庁舎からは共同溝が着陸帯2まで設置されているため、始点はその共同溝の周辺とし、終点は西側誘導路を越えた位置とし試算した。案1については現滑走路直下を推進工法にて、案2については現誘導路を開削工法にて設置する条件で試算を行った結果、表 2.1 記載のように案1：現滑走路直下を施工する案が有利であったため、案1を採用することとした。

(2) 工法検討

現滑走路直下を施工するための工法選定については、地中を掘削する代表的な工法として、「推進工法」及び「シールド工法」が考えられるため、「推進工法」、「ミニシールド工法」及び「シールド工法」で比較検討を実施した。

今回布設するケーブルダクトに必要な管径はφ1500 と工法検討の中では小口径であり線形が直線であること、また延長が約400m程度と短いことを考慮した結果、表 2.2 に示すとおり工費が経済的に有利となる「推進工法」を採用することとした。

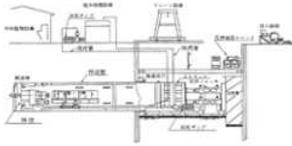
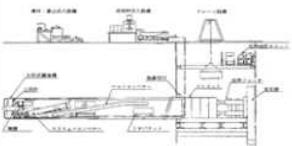
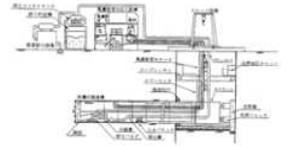
項目	①推進工法	②ミニシールド工法	③シールド工法
概要図			
工法概要	・推進管の先端に掘進機を取り付け、地中を掘削しつつ、発進立坑に設置された油圧ジャッキで押し進めて、トンネルを施工する工法	・基本的な原理は、シールド工法と同じである。後続台車のスペースが必要ないため断面を小さくすることができる。	・円筒状のシールドマシンの先端で掘削し、マシンの後部にて、セグメントを組み立て、トンネルを施工する工法 ・シールドマシンのジャッキ反力は、設置したセグメントに取る。
適用性	線形	○ 複雑な曲線や曲線半径Rが急な場合でも可能	○ 複雑な曲線や曲線半径Rが急な場合でも可能
	延長	○ 延長500m程度まで可能	○ 延長数km以上が可能
	径	○ 小口径でも可能(φ200～φ3000程度)	○ 小口径(φ900～φ1200)でも可能
	立坑	○ 立坑の寸法が小さい。	○ 立坑の寸法が小さい。
	地盤沈下	○ 地盤沈下が小さい。	○ 地盤沈下が小さい。
	機械費用	○ 機械の費用は損料で計上できるため安価である。	○ 機械の費用は損料で計上できるため安価である。
	ヤードの面積	○ 300m ²	○ 500m ²
工期※1	○ 約120日	○ 約120日※2	
工費※3	○ 約199,000,000円	○ 約272,000,000円	
総合評価	○ 線形・延長とも適用範囲内であり、工費も最も安いため採用する。	△ 工期は推進工法と同程度だが、工費が高いため不採用とする。	× 径が2.0m以上に限定され、工費が高くなるため不採用とする。

※1 休日等を含まない実働の日数
 ※2 シールドマシンの工場製作を含まない日数
 ※3 延長420mに対する直接工事費

表 2.2 掘削工法比較

さらに、推進工法にも複数の工法があるため、代表的な「泥水式推進工法」、「泥土圧推進工法」及び「泥濃式推進工法」にて比較検討を行った。

「土質に対する適応性」、「周辺地盤への影響」及び「施工性」等をポイントとして比較した結果、軟弱粘性土から砂礫層・硬質層まで幅広い土質に対応でき(土質に対する適応性)、切羽での地盤への影響は少なく(周辺地盤への影響)、日進量が多く作業効率がよく(施工性)、また工事費が有利(安価)である「泥水式推進工法」を採用することとした。

項目	施工概要	①泥水式推進工法	②泥土圧式推進工法	③泥濁式推進工法
概要図	φ1500 推進距離 420m 砂岩・泥岩 一軸圧縮強度 1400kN/m ² 土被り約7m	推進機前面に泥水を充填し、この泥水の濃度と加圧力により切羽の安定を図りながら掘進する工法である。 	推進機前面の切削土砂に作泥材を注入して攪拌混合させ、この泥土に加圧する事により切羽の安定を図りながら掘進する工法である。 	目詰材を多く含む高濃度の液状体を切羽部とテールボイドに加圧充填させ泥水被膜を作る事でカッター前面の崩壊を防ぎ、掘進する工法である。 
	通用一軸圧縮強度 5000kN/m ² 未満			
工法概要	土質に対する応答性	硬質土	軟弱粘性土から砂礫層・硬質土まで幅広い土質に適応する。	軟弱粘性土から砂礫層・硬質土まで幅広い土質に適応する。大きな礫が混ざる場合は、適応にやや難がある。
	土砂搬出・処理	産業廃棄物	一次処理により砂・礫分は一般残土になる。ただし、シルト・粘土分や泥水は産廃処理になる。	添加剤を含んだ土砂は産廃処理になるが、産廃処分費が最も少ない。
施工性	基地設備	作業用地	300m ²	300m ²
	周辺地盤への影響	滑走路あり、土被り(5m~10m)	余掘りが小さく、周辺への影響が少ない。	余掘りが大きく、周辺への影響が発生する可能性がある。(①、②案の3倍以上)
日進量	管内作業性	約420mの長距離施工	泥水(流体)での排出であり、遠隔操作のため作業性は良い。	排土設備が管内を大きく占めるため、管内作業性は悪い。
	土砂・地下水	地下水あり、互層地盤、礫混り	切羽での地盤への影響は少ない。また地下水圧に対する応答性、信頼性が最も高い。※1	切羽での地盤への影響は少ないが、互層地盤で作泥材配合など推進管理がやや困難である。
総合評価	推進力	硬質土、約420mの長距離施工	推進力が小さく、長距離の実績も多い。	推進力が最も大きく、長距離施工の実績も少ない。
	日進量	昼間施工	標準日進量4.3m/日	標準日進量3.4m/日
工費	安価	○	△	△
	やや高い	○	△	△
総合評価	本現場の延長に最も適した工法である。日進量が最も大きく、余掘りが小さく周辺地盤への影響が少ない。	○	△	△
	長距離施工に難があるとともに、日進量が少なく、本現場には、適していない。	○	△	△
	長距離施工には対応しているが、日進量が最も少なく、周辺地盤への影響(沈下)のリスクも高いため、本現場には適していない。	○	△	△

※1 岩盤内であるが亀裂等がある場合は高い地下水圧が作用する。

表 2.3 推進工法比較

(2) 平面位置の検討

平面位置は、立坑の配置について検討を行った。各立坑の配置については以下のとおりとした。

- ・到達立坑①(M-1 マンホール)：着陸帯2に設置し、また内側転移表面※に干渉しない範囲で推進工延長を短くするため、できるだけ滑走路に近い位置に配置
- ・中間立坑②(M-2 マンホール)：着陸帯2に設置し、滑走路に近くケーブル分岐が有利(航空灯火への配線が短くなる)であるが工事において高さ制限が厳しくなるA案、または、工事の制限は少ないがケーブルの分岐が不利(航空灯火への配線が長くなる)になるB案を比較検討し、ケーブル分岐が有利となるA案を採用
- ・発進中間立坑③(M-3 マンホール)：西側誘導路を横断し、同時期に施工される場周道路アンダーパスを避けた位置に配置

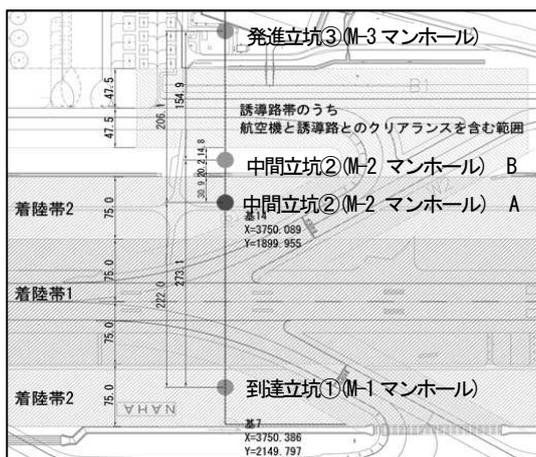


図 2.2 立坑位置検討平面図

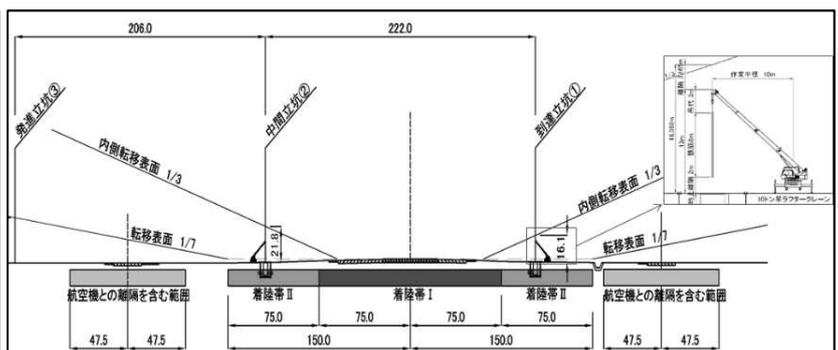


図 2.3 制限表面断面図

※内側転移表面：

無障害空間を確保するために、滑走路中心線と平行に着陸帯外側へ60mの位置から着陸帯外側上方へ1/3の勾配を有する表面

(3) 縦断線形の検討

縦断線形の決定については、既設埋設管、滑走路及び誘導路の舗装、排水施設、不発弾想定ライン(50kg 爆弾及び250kg 爆弾)及び場周道路アンダーパスをコントロールポイントとして検討した。

- ・①到達立坑(M1)：250kg 爆弾をとの離隔を約 50cm 確保
 - ・②場周道路アンダーパス：場周道路アンダーパスとの離隔を約 50cm 確保
 - ・③上記①②より、推進管の縦断勾配が約 1% となり、湧水の排水が可能であることを確認
- 上記①から③を設定し、砂岩・泥岩層の岩盤内を推進工法にて施工することとした。

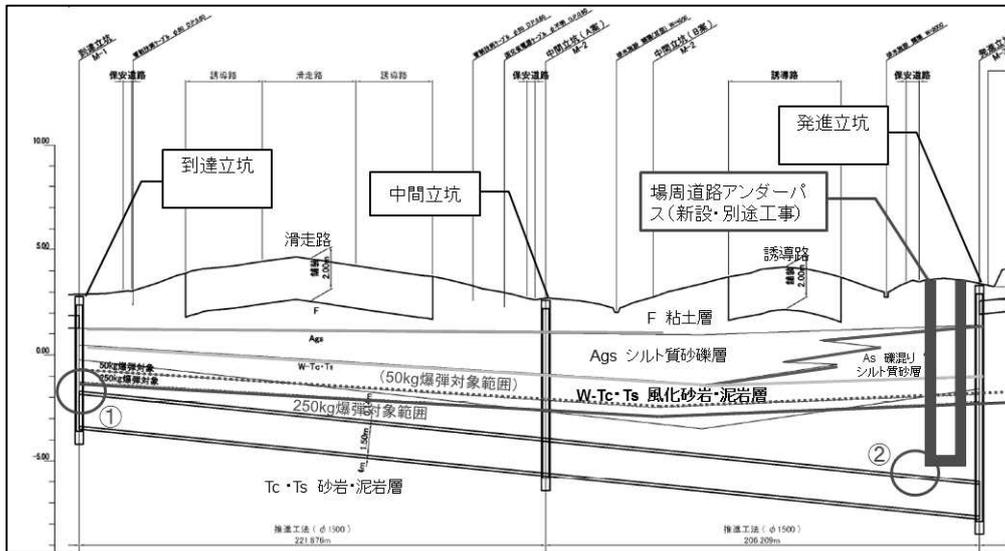


図 2.4 推進候補検討断面図

3. 工事実施における検討事項

(1) 土層の確認

設計を進めていたところ、場周道路アンダーパスのルート変更(北側に約 40m 移動)が生じたため、到達立坑を基点に発進立坑を南側に移動させたルート見直しをおこなった。そのため工事着手前に、確認ボーリングを実施した。

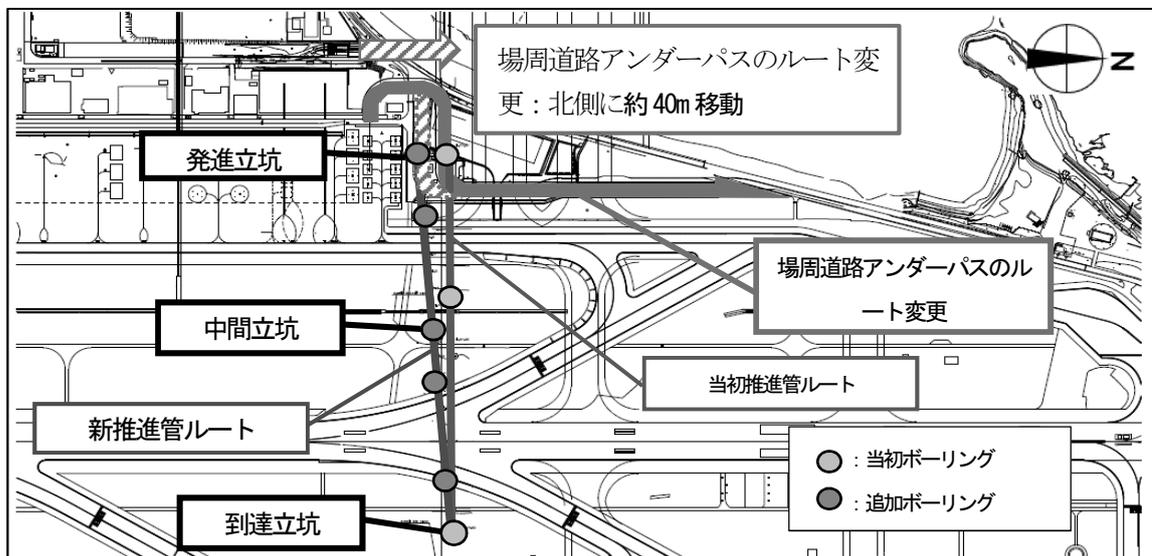


図 3.1 土層確認平面図

確認ボーリングを実施した結果、250kg 爆弾到達ラインが約 6m 深くなり、さらに岩盤ラインが約 12m 深くなっていることが判明したため、推進工法の縦断勾配の見直しを行った。見直しに際し、以下の 2 点をコントロールポイントとして設計を進めた。

- ・岩盤ラインと推進管との離隔として、施工誤差を考慮した 1D(推進管の径 $\phi 1500$) 設けるものとした。
- ・推進管内に設置するプレファブレールの設置最大勾配が実績より 6% 程度であるため、中間立坑から発進・到達

立坑へ5.8%の勾配で推進管を設置

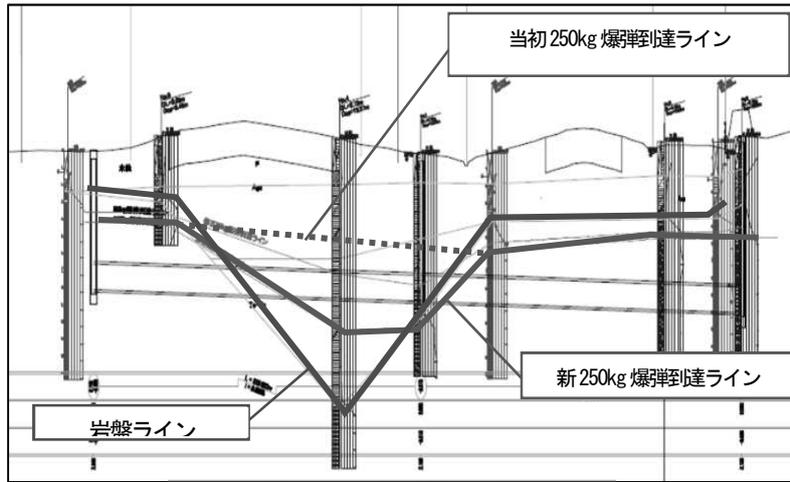


図 3.2 土層確認断面図

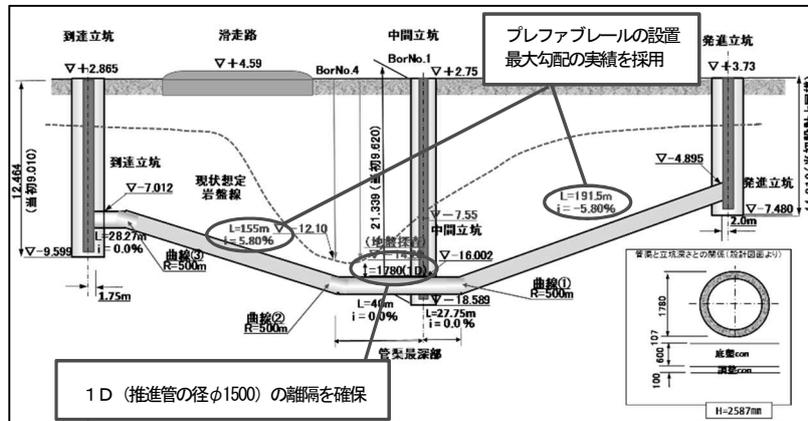


図 3.3 推進工法計画縦断面図

(2) プレファブレード式充填剤の検討

推進管内に布設する管路はCCVP管(熱可塑性プラスチック管)を選定しており、CCVP管の空隙を地下水及び設置器具の錆防止対策のため充填剤を注入しなければならない。CCVP管の耐熱温度が80℃であるため、充填剤の硬化熱の確認として、表3.1のとおり試験練りを実施した。

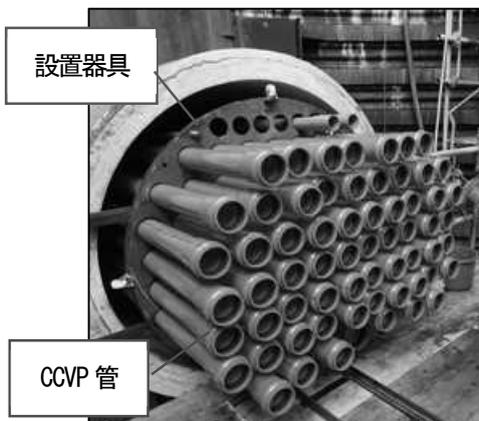


写真 3.1 プレファブレード式配管

項目	配合①	配合②	配合③
配合	セメント(N)	セメント(N)	セメント(N)
	水	水	水
	起泡剤	骨材(炭酸Ca) 起泡剤	骨材(炭酸Ca) 混和剤 消泡剤
	硬化熱	最大90.4℃	最大47.2℃
総合評価	× ・硬化熱がCCVP管に影響(耐熱80℃)を及ぼす	○ ・硬化熱が低く、混和剤の費用差で配合③に比べ安価	△ ・硬化熱が低い、材料費が配合②に比べ高価

表 3.1 中詰め材試験練り結果

試験練りの結果、表3.1に示すとおり配合①については最高温度が90度を超えるため、充填剤としては使用不可であることを確認した。また、配合②、③の2種類については、それぞれ配合②が最高47℃、配合③が最高42℃と

なり、どちらも使用可能であることを確認したが、混和剤の使用が少なく経済性に優位となる配合②を採用することとした。

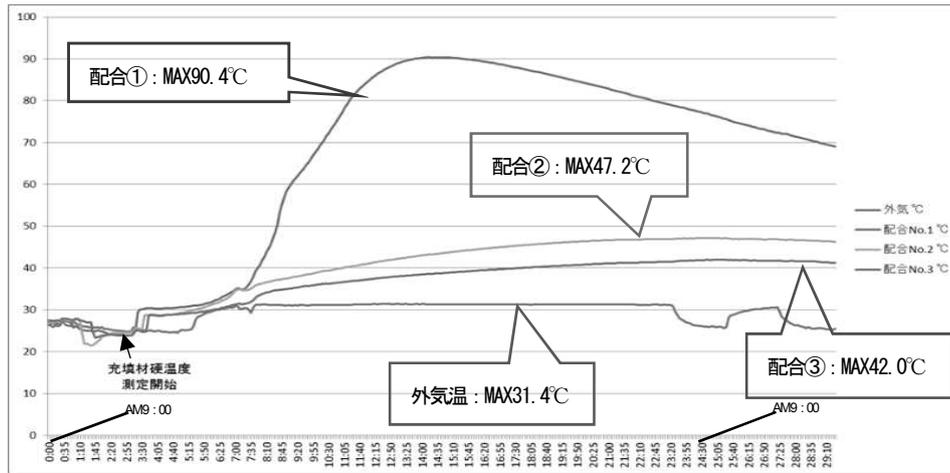


表 3.2 中詰め材試験練り温度

4. 工事管理(基本施設の勾配管理)

滑走路及び誘導路直下を施工に際し、推進工法の影響による滑走路等の路面への変状確認のため、水準測量により勾配管理を実施した。勾配管理点を73点設定し、舗装及び地表面の高さを推進機の通過後1週目は3回/週、2週目以降は2回/週、6週目以降は1回/月と頻度を落としながら測定した。

なお、推進工法の施工完了後、2ヶ月間測定を継続したが、特に沈下、隆起等の変状が確認されることはなかった。

		測定日		7月17日	7月20日	7月24日	7月31日	8月22日	9月19日	
位置	項目	測点 ※L:発進立坑からの距離、R:点間距離	1次管理値 (管理基準値)	測定値						
				初期値 (%)	7月	木	月	火	火	
滑走路	標高	No.11-2 L=315m	±8mm (±10mm)	4.329	4.328	4.328	4.328	4.327	4.328	4.327
				-	-1	-1	-1	-2	-1	-2
				4.330	4.329	4.330	4.330	4.329	4.329	4.329
		No.11-2RR L=338m	±8mm (±10mm)	4.342	4.342	4.341	4.342	4.341	4.341	4.341
				-	0	-1	0	-1	-1	-1
				4.317	4.317	4.317	4.317	4.316	4.318	4.316
	No.10 L=361m	±8mm (±10mm)	4.642	4.641	4.641	4.641	4.641	4.641	4.641	
			-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
			4.668	4.667	4.668	4.668	4.667	4.667	4.667	
	No.10-LL L=361m	±8mm (±10mm)	4.612	4.613	4.613	4.612	4.611	4.613	4.611	
			-	-1	0	-1	-1	-1	-1	
			4.342	4.341	4.341	4.340	4.340	4.341	4.340	
No.8-3 L=361m	±8mm (±10mm)	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.366	4.364		
		-	0	0	0	0	0	-2		
		4.338	4.337	4.337	4.337	4.336	4.337	4.337		
No.8-3LL L=361m	±8mm (±10mm)	4.305	4.304	4.305	4.305	4.304	4.305	4.304		
		-	-1	0	-2	-1	0	-1		
		-	-1	0	-1	-1	-1	-1		
勾配	横断	滑走路端(W2側)~滑走路センター No.11-2RR ~ No.10 R=22.5m	±1.48% (±1.50%)	-1.387%	-1.387%	-1.382%	-1.382%	-1.387%	-1.387%	-1.387%
		滑走路センター~滑走路端(E2側) No.10 ~ No.8-3L R=22.5m	±1.48% (±1.50%)	1.351%	1.351%	1.351%	1.351%	1.356%	1.351%	1.351%
	縦断	滑走路西側端 No.11-2RR ~ No.11-2 R=20.0m	±0.81% (±1.00%)	0.065%	0.070%	0.065%	0.070%	0.070%	0.065%	0.070%
		滑走路西側端 No.11-2 ~ No.11-2LL R=20.0m	±0.81% (±1.00%)	0.060%	0.055%	0.055%	0.055%	0.055%	0.050%	0.055%
		滑走路センター No.10-RR ~ No.10 R=20.0m	±0.82% (±1.00%)	0.130%	0.130%	0.135%	0.135%	0.130%	0.130%	0.130%
		滑走路センター No.10 ~ No.10-LL R=20.0m	±0.83% (±1.00%)	0.150%	0.140%	0.140%	0.145%	0.150%	0.140%	0.150%
		滑走路東側端 No.8-3RR ~ No.8-3 R=20.0m	±0.83% (±1.00%)	0.120%	0.145%	0.145%	0.145%	0.150%	0.145%	0.135%
		滑走路東側端 No.8-3 ~ No.8-3LL R=20.0m	±0.84% (±1.00%)	-0.185%	0.185%	0.180%	0.175%	0.180%	0.180%	0.180%

表 3.4 測点管理表 (滑走路)

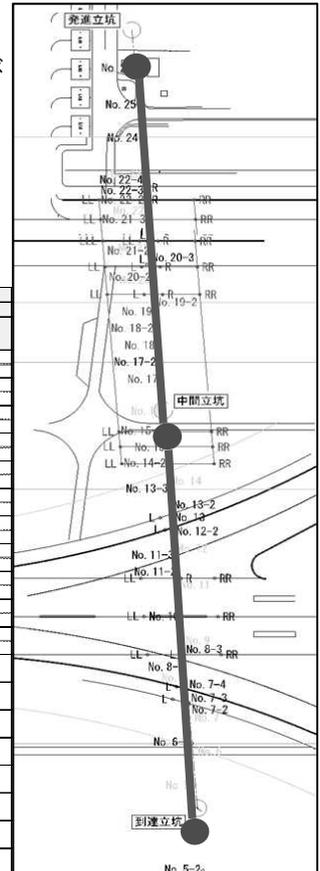


図 3.4 測点平面図

5. 最後に

本工事における推進工法は平成29年1月14日より7月10日迄の実働日数117日にて施工を完了したが、現在は各縦坑へのマンホールの築造を主とした作業を継続している。また、別途工事である「那覇空港新管制塔ケーブルダクト設置工事」他により那覇空港におけるケーブルダクトの整備について継続している。

引き続き、関係者と調整を取りながら、空港の安全安心な運用を確保しつつ、空港整備工事を進めていきたい。