

# 3. 維持管理点検における変状・変位

## 3-1. 落石・落盤の形態

●点検時に確認された坑道内の変状の形態は落盤や崩壊など規模の大きいものから数cm程度の肌落ちといった規模の小さいものまであり、落石として認識されている。



写真II-3-1 規模の大きい泥岩の落盤（第2・第3坑道交差部）



写真II-3-2 同上の天端部



写真II-3-3 30cm大の薄皮状岩塊剥離落下（第2坑道交差部）



写真II-3-4 同左の剥離部（第2坑道）



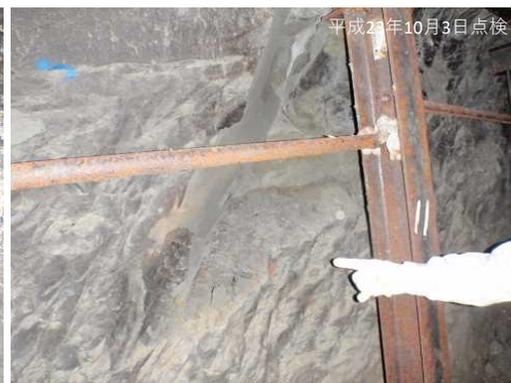
写真II-3-5 天端部に落石が上載（第2坑道）



写真II-3-6 琉球石灰岩の崩落（H22.2.27の地震後）



写真II-3-7 65cm大の落石（第2坑道）



写真II-3-8 同左の側壁崩壊部（第2坑道）



写真II-3-9 天端より40cm、30cm、15cm大の薄皮状岩塊落下



写真II-3-10 同左の剥落部（第5坑道）



写真II-3-11 天端部に引っかかる大きな岩塊（第2坑道）



写真II-3-12 天端部に挟まる多数の岩塊（第2坑道）

# 3. 維持管理点検における変状・変位

## 3-2. 落石の発生頻度

- 平成7年より実施してきた点検において確認された壕内の変状箇所が発生数を坑道別にまとめる。
- 第5坑道、第2坑道の順で落石の発生数が多く、一方で第3坑道はこれらに比較して圧倒的に少ない。これは、第3坑道の大部分が比較的良好な砂岩で構成されていることに起因すると考えられる。

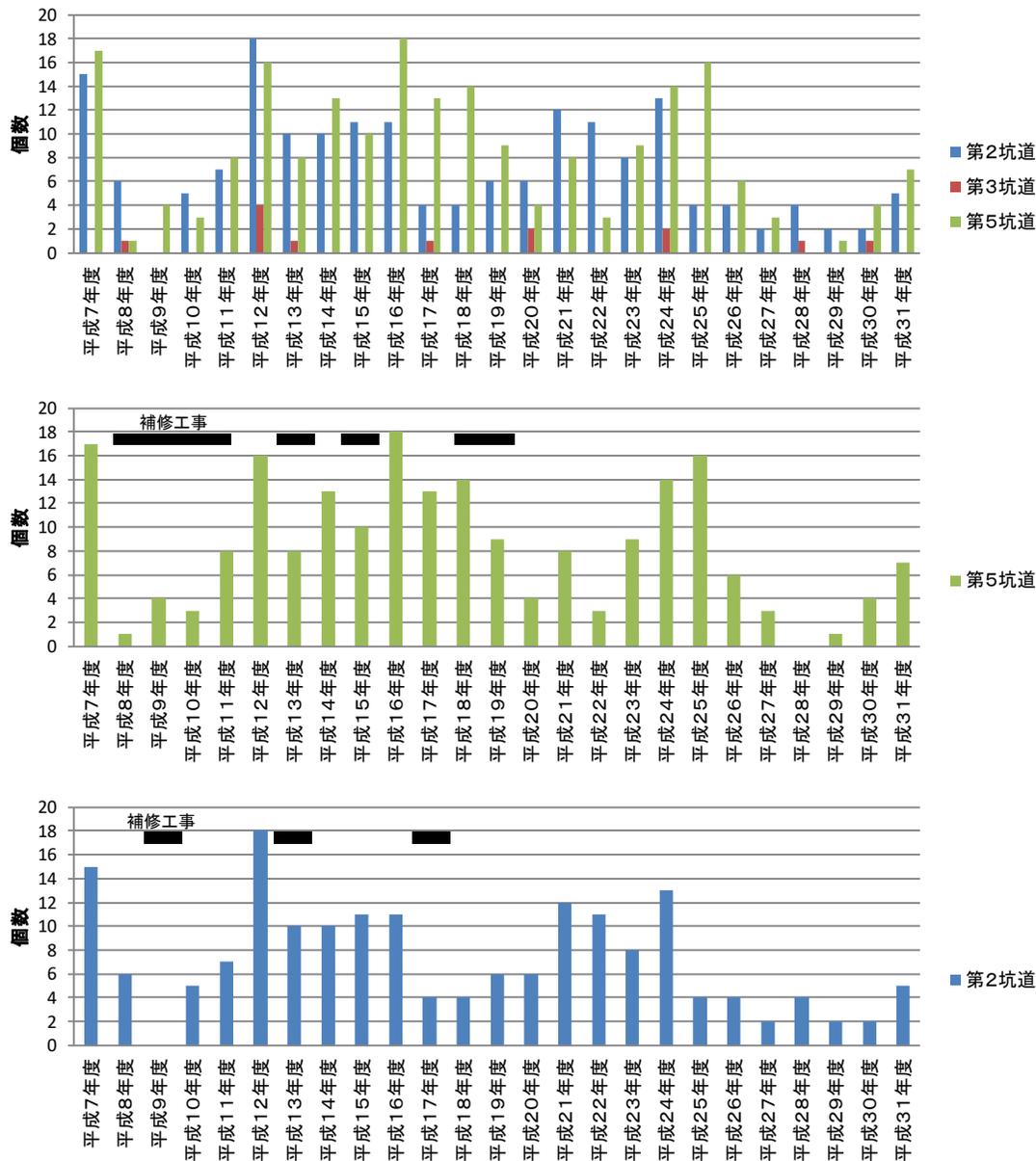
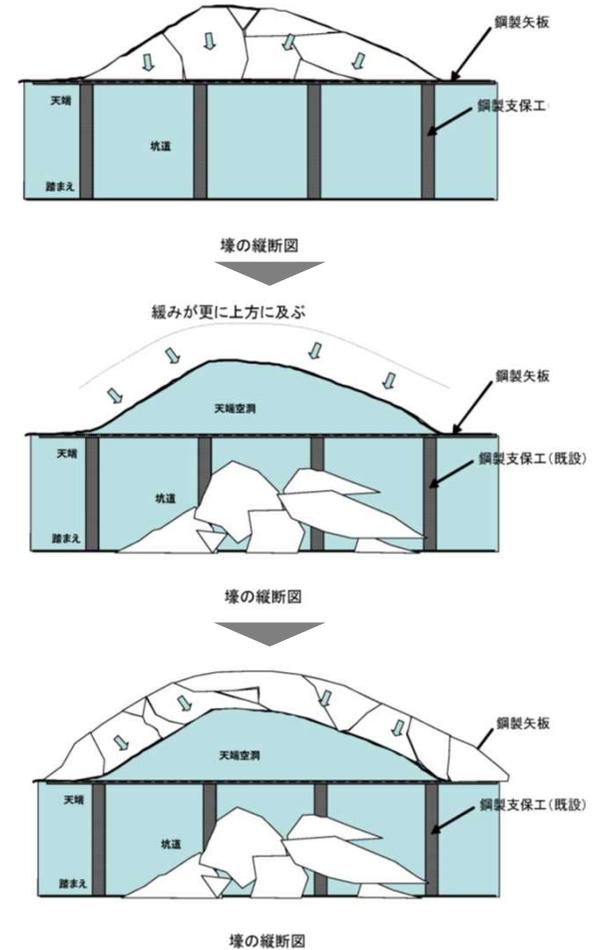


図 Ⅱ-3-1 落石発生頻度の推移

- ▶ 落石や落盤の発生は入坑に対する安全性を損なうばかりでなく、支保工背後の空洞化並びに緩みの拡大につながり、支保工の無力化、坑壁崩壊規模の拡大へとつながる。
- ▶ したがって落石や落盤が発生して天端が空洞になった箇所は、それ以上の緩みの拡大を防止する目的で、早期の補修対策が必要となる。
- ▶ 補修工事ではこのような観点で、EPS（発砲スチロール）ブロックを空洞部に充填し押さえ荷重とする対策工講じている



# 3. 維持管理点検における変状・変位

## 3-3. 支保工の変位

### 第2坑道の支保工変位

- 過去に支保工No.23~24、No.34~35の2箇所において、鋼製支保工の変位状況を確認する目的で点検時に支保工間の距離の計測を行っている。
- 坑道横断方向の①-⑤、③-⑦、②-⑥、④-⑧間では圧縮側の累積変位が確認され、約16年間で最大5.2mmの圧縮変位が確認される。
- No.34~35では最近の変状は累積性が認められないが、No.23~24では③-⑦、④-⑧間で現時点でも年1mm程度の圧縮変位が生じている。
- 坑道方向の①-②、③-④、⑤-⑥、⑦-⑧間では顕著な累積性の変位は認められない。

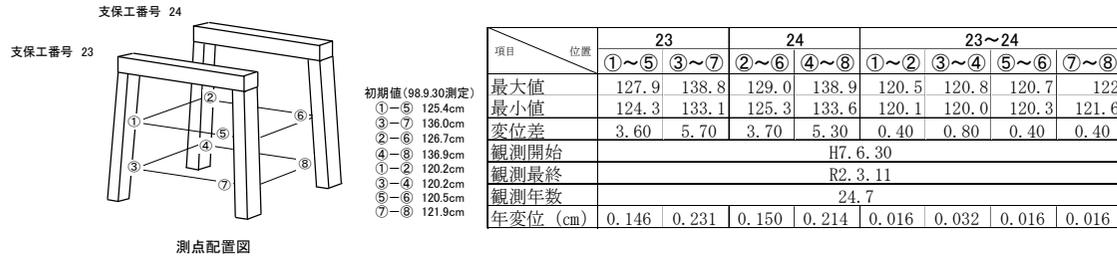


図 II-3-2 第2坑道支保工No.23-No.24の支保工の変位測定位置と累積変位量

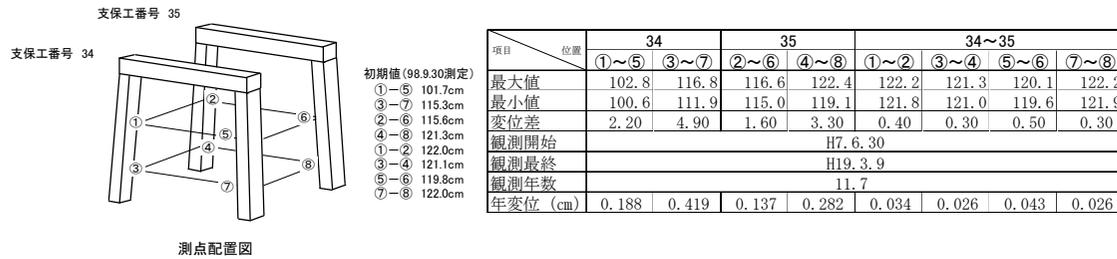


図 II-3-3 第2坑道支保工No.34-No.35の支保工の変位測定位置と累積変位量

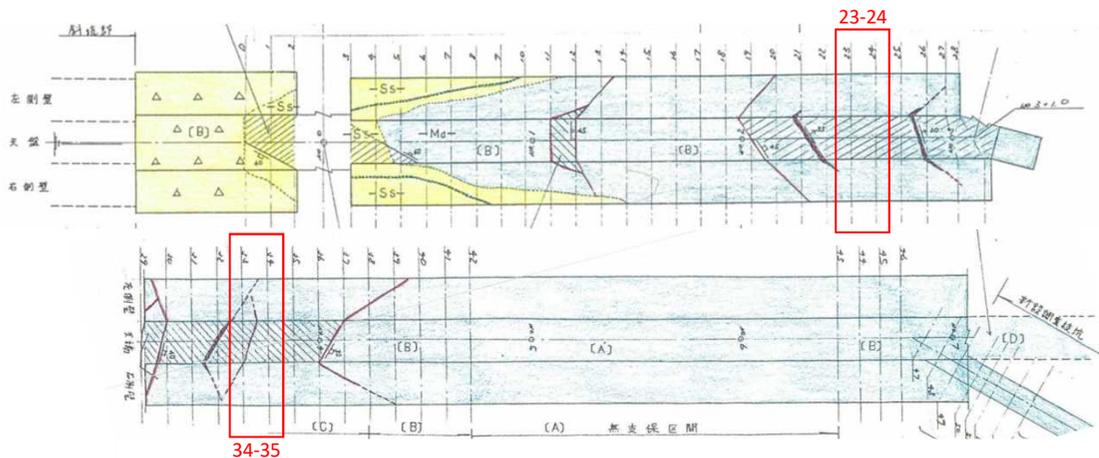


図 II-3-4 第2坑道支保工変位測定位置図

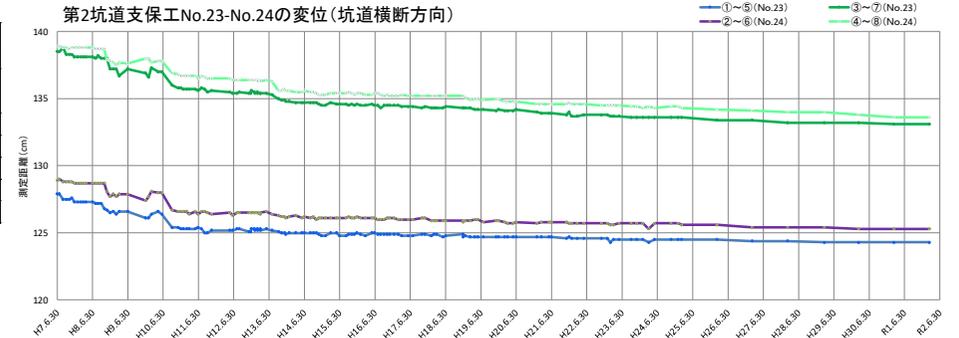


図 II-3-5 第2坑道支保工No.23-No.24の変位状況

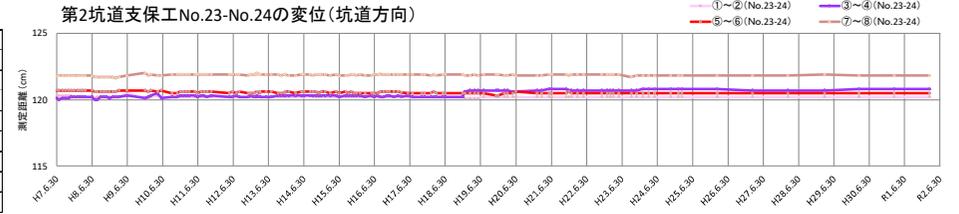
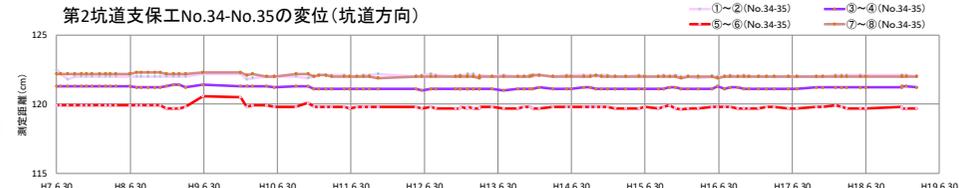
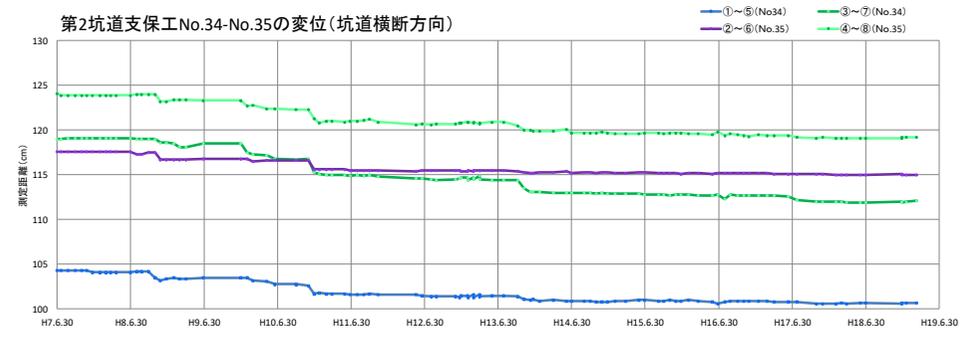


図 II-3-6 第2坑道支保工No.34-No.35の変位状況



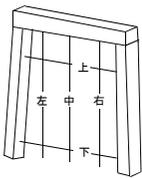
# 3. 維持管理点検における変状・変位

## 3-3. 支保工の変位

### 第5坑道の支保工変位

- 過去に支保工No.61、No.66、No.73~74、No.104、No.137~138の5箇所において、鋼製支保工の変位状況を確認する目的で支保工間の距離の計測を行っている。
- 支保工No.61（下）で3cm/2.26年の変位が生じており、年平均変位は1.33cmと最も大きい。
- その他はいずれも0.58~0.3cm/年と第2坑道比較しても変位が大きい。このことを受けて、平成10年度にコルゲートパイプとコンクリートによる補修対策が行われている。
- 支保工No.137-138の変位状況を見ると累積性のある変位は認められない。

支保工番号 61、66

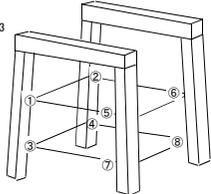


項目	61		66			
	下	上	下	左	中	右
最大値	166.8	164.8	175.2	163.3	162.2	161.5
最小値	163.8	164.0	173.9	162.4	161.2	160.5
変位差	3.00	0.80	1.30	0.90	1.00	1.00
観測開始	H8.11.25					
観測最終	H11.2.26					
観測年数	2.25					
年変位 (cm)	1.330	0.355	0.577	0.399	0.443	0.443

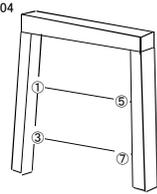
支保工番号 74

支保工番号 104

支保工番号 73



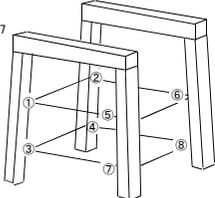
項目	73~74	
	⑤~⑥	⑦~⑧
最大値	50.6	51.9
最小値	49.0	51.3
変位差	1.60	0.60
観測開始	H7.6.30	
観測最終	H11.2.26	
観測年数	3.66	
年変位 (cm)	0.44	0.16



項目	104	
	①~⑤	③~⑦
最大値	164.3	169.0
最小値	163.1	167.7
変位差	1.20	1.30
観測開始	H7.6.30	
観測最終	H10.3.30	
観測年数	2.75	
年変位 (cm)	0.44	0.47

支保工番号 138

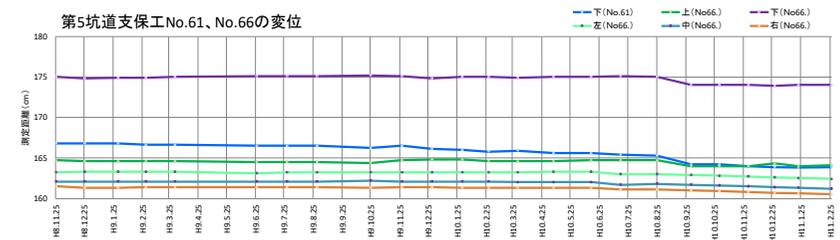
支保工番号 137



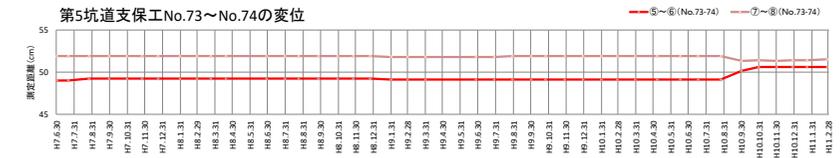
項目	137		138		137~138			
	①~⑤	③~⑦	②~⑥	④~⑧	①~②	③~④	⑤~⑥	⑦~⑧
最大値	164.0	169	163.14	167.2	51.3	51.8	50.6	50.2
最小値	163.9	168.8	163.0	167.1	51.2	51.8	50.3	50.0
変位差	0.10	0.20	0.14	0.10	0.10	0.00	0.30	0.20
観測開始	H19.6.26							
観測最終	H24.3.30							
観測年数	4.8							
年変位 (cm)	0.021	0.042	0.029	0.021	0.021	0.000	0.063	0.042

図 II-3-7 第5坑道 支保工の変位測定位置と累積変位量

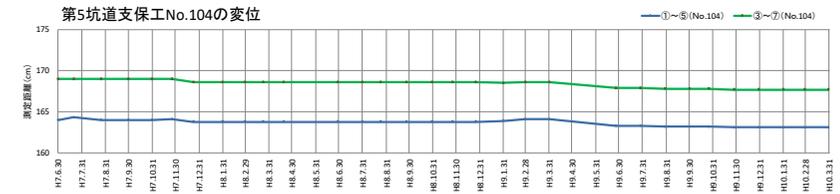
第5坑道支保工No.61、No.66の変位



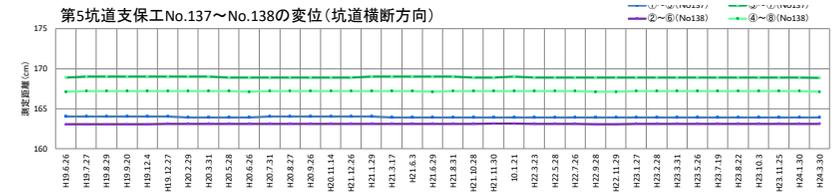
第5坑道支保工No.73~No.74の変位



第5坑道支保工No.104の変位



第5坑道支保工No.137~No.138の変位 (坑道横断方向)



第5坑道支保工No.137~No.138の変位 (坑道方向)

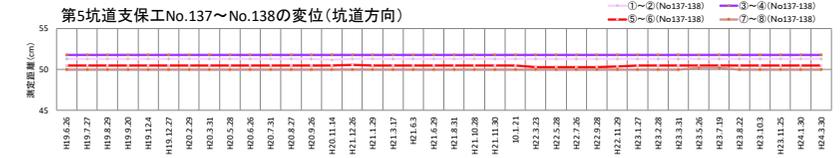


図 II-3-9 第5坑道支保工の変位状況

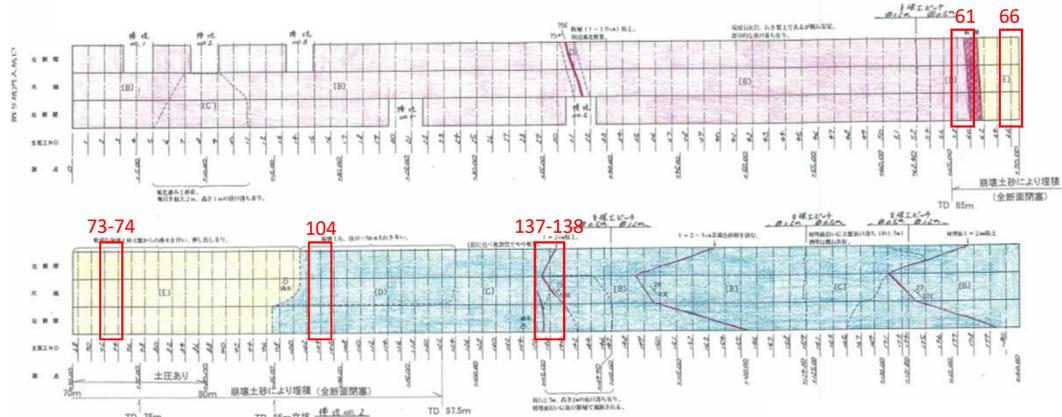


図 II-3-8 第5坑道支保工変位測定位置図

# 3. 維持管理点検における変状・変位

## 3-4. 進入坑道、第2、第3坑道で確認された木根の侵入

- 進入坑道及び第2、第3坑道においては平成20年ごろより、木根の侵入が確認されている。
- 確認した木根はその都度除去を行っているが、根本的な除去は行えていないのが現状である。
- 木根の侵入は最大で18.6mの土被りのある箇所（第2坑道No.21床）で確認されている。

表 II-3-1 進入坑道内で確認した木根の侵入

年度	日付	支保工番号	位置	状況
平成20年度	H20.6.26	1~2番目	左側壁	木根剪定:直径3~5mm
		17~18番目	左右側壁	木根剪定:直径3~5mm
	H20.8.27	14	左側壁	前々回剪定した木根の再生が著しい
		14	左側壁	木根を再び選定し樹脂を塗布
	H20.9.26	16~17	左側壁	木根を再び選定し樹脂を塗布。2ヶ所
		14~15	左側壁	木根の剪定
		15~16	左側壁	木根の剪定
	H20.12.26	16~17	左側壁	木根の剪定
		16~17	左側壁	木根の剪定
	H21.3.17	16~17		木根の成育は確認されるがそれほど顕著ではない
平成21年度	H22.3.23	30		右天端付近植物根あり
平成22年度	H22.5.28	27		木根進入。長さ1.5m
		30		木根進入。長さ30cm
	H22.7.26	31	天端	天端より毛細状植物根。長さ50cm
	H22.9.28	30~31	天端	天端より毛細状植物根。長さ60cm
	H22.11.29	30	天端	木根90cm
3		天端	木根120cm	
平成24年度	H25.3.8	4	-	長さ30cm×3本
平成27年度	H28.3.7	4	天端	長さ0.5m棒状の植物根（除去）
		6	天端	長さ1.1m棒状の植物根（除去）
		7	天端	長さ0.5m棒状の植物根（除去）
		17	天端	長さ0.4m毛細状の植物根（除去）
平成28年度	H29.3.21	28	天端	長さ1.8m毛細状の植物根（除去）
		0~14	床	植物根（除去）
平成29年度	H30.3.13	6	天端	長さ0.5m棒状の植物根（除去）
		7~8	天端	長さ0.5m植物根（除去）
平成30年度	H31.3.13	4~5	天端	長さ10m植物根（除去）
令和元年度	R2.3.11	3	天端	木根4本
		7	床	木根2本

表 II-3-2 第2坑道内で確認した木根の侵入

年度	日付	支保工番号	位置	状況
平成20年度	H20.6.26	11	左側壁	木根剪定:直径3~5mm
		21	床部	木根剪定:直径20mm
平成23年度	H24.3.30	23~24	右側壁	毛細状根の侵入あり
平成24年度	H24.9.28	3	左側壁	ズリの中に毛細状植物根
		7~8	左側壁	毛細状植物根
平成26年度	H24.11.15	16~17	左側壁	木根φ3mm
		H27.3.6	28	床
平成28年度	H29.3.21	6~7	右側壁	毛細状植物根（除去）
平成29年度	H30.3.13	23	床	毛細状植物根（除去）
令和元年度	R2.3.11	19	床	毛細状植物根（除去）
		20~21	右床	床木根3cm



表 II-3-3 第3坑道内で確認した木根の侵入

年度	日付	支保工番号	位置	状況
平成20年度	H20.5.28	6~7	右側壁	木根進入により岩塊落下
	H20.6.26	1~10	左右側壁及び床部	木根剪定:直径3~8mm
	H20.8.27	6~7	右側壁	前々回剪定した木根の再生が著しい
平成21年度	H21.3.17	28	床	床部に毛細植物根を確認
		H22.1.21	8	左側壁
平成24年度	H24.7.30	4~5	左側壁	木根進入
		8~9	右側壁	木根進入
	H24.9.28	4~5	左側壁	毛細状根
		23	床	毛細状根
		39~38	右側壁	毛細状根
H24.11.15	9	右側壁	側壁に毛細根	
平成25年度	H26.3.7	23~24	床	床に毛細状の根
		28~29	床	床に毛細状の根
		26~27	床	床に毛細状の根
平成26年度	H27.3.6	24~25	床	床に毛細状の根
		28~29	床	床に毛細状の根
平成27年度	H28.3.7	25~26	床	床に毛細状の植物根（除去）
		27-3~27-2	床	床に毛細状の植物根（除去）
平成28年度	H29.3.21	31	床	床に毛細状の植物根（除去）
平成30年度	H31.3.13	28	床	毛細状根
令和元年度	R2.3.11	28	床	床部木根細状

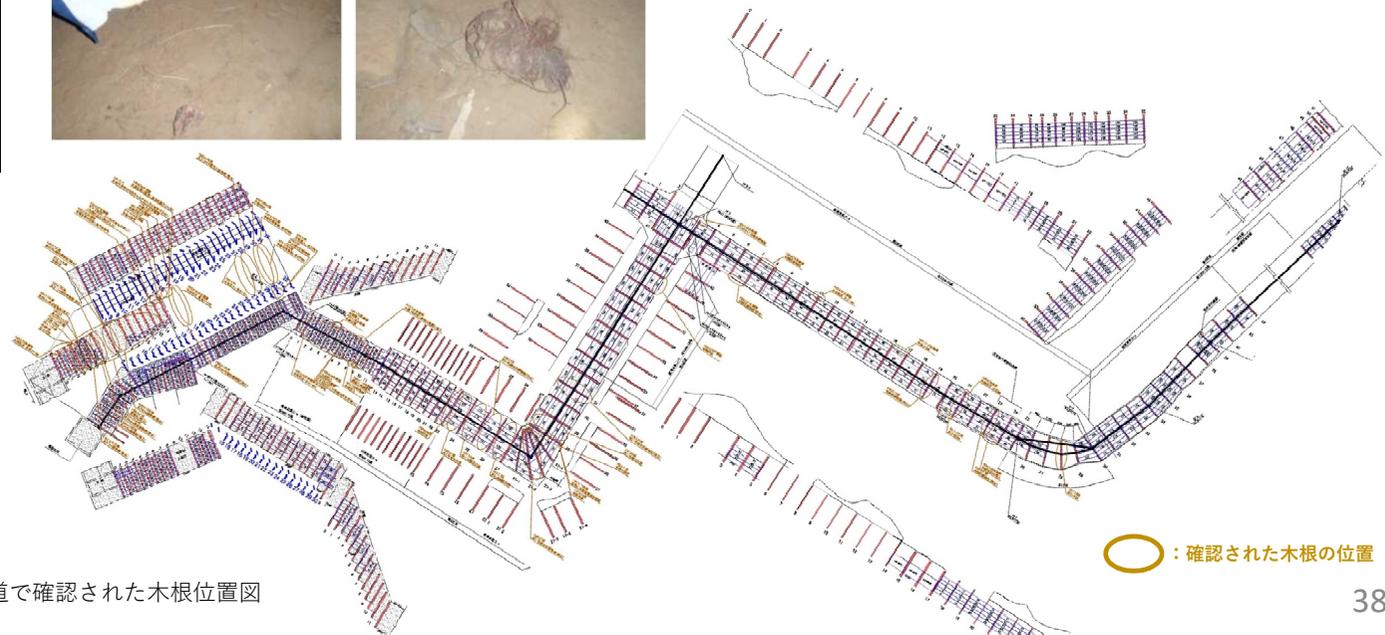


図 II-3-10 進入坑道、第2・第3坑道で確認された木根位置図

# 1. 県内の類似事例（海軍壕、病院壕）

旧海軍司令部壕および陸軍病院壕の事例収集を行った。

表Ⅲ-1-1 海軍壕と病院壕の事例整理

項目	旧海軍司令部壕	沖縄陸軍病院南風原壕群（20号壕）
壕の建設	昭和19年（1944年）8月～12月	昭和19年（1944年）9月3日～昭和20年（1945年）3月末
壕の長さ	公開部分300m（全長は450mあったと言われている）	全長70m
壕の深さ	25m（幕僚室）	15～20m程度（地形図読み取り）
坑道規模	W=1.5～2.0m、H=2.0～2.2m	W=約1.8m、H=約1.8m
地質	砂岩 【鳥尻層群 豊見城層】	泥岩及び細粒砂岩【鳥尻層群 与那原層】
公開に当たり実施した調査	資料が残っていないため不明	考古学的調査、測量調査 物理工学的調査（電気探査、シュミットハンマー反発値）
崩落に対する安全対策	コンクリートにて補強されている部分があるが、壕建設時のものか、終戦後のものか資料が残っていないため不明 崩落・落石危険箇所は立ち入り禁止措置など 湧水量が多く地山強度が不安な箇所は補強を随時実施している	危険性が高いエリアはボックスカルバート設置、H鋼を使用して対策を実施（H鋼との隙間に発砲ウレタンを注入） 非常時に警報が流れる非常灯設置 ①荷重計（天井の観測）、②変位計（壁面の観測）、③パイプ歪み計（地すべり観測）を設置（①と②は毎朝数値確認） 壕の管理人が朝と夕方に目視で壕内に変化が無いを確認 入壕時はヘルメット着用で1度に10名以内の人数制限
公開以降の落石・落盤有無	特になし	大きな落盤や落石はない ただし、風化により天井面・壁面の表面が剥離して取れる（小さな落石）という現象はある
今後実施を考えている安全対策	地山強度が不安な箇所が生じた場合補強を随時実施予定	天井面・壁面の表面の剥離に対し、接着剤を用いて対処することを予定。
壕内の温度・湿度管理	なし（自然換気にて対応）	温度・湿度の計測を朝と夕方に実施 壕の出入り口は二重ドアになっているため、年間および日中を通して激しく温湿度が変化することはなし
壕内の換気など空調設備	なし（自然換気にて対応） ※コロナ対応で坑口に大型サーキュレーターを仮設置・稼働中	なし
壕内の照明設備	数m（2～4m）に1箇所程度 明るさは手元の資料を見るのに問題ない程度である	戦時中の暗闇を体験する目的もあるため、照明は点けていない 見学者は懐中電灯を持って内部見学実施 ※非常時に点灯する非常灯は設置
排煙設備・消火設備	排煙設備や消火設備はない ※消防訓練では排煙設備として送風機を使用する	消火器・非常警報機・誘導灯および誘導標識を設置 排煙設備はない
避難口や避難路	坑道坑口が避難口（出入口以外の非常口）として機能している 坑道内には避難誘導灯複数設置	壕の出入り口2箇所のみ
壕内の監視設備	壕内監視モニター設置あり 無線を所有した警備員が出入口に待機	必ずガイドの案内のもと壕内部に入ることになっているため、監視設備なし
壕内の放送設備	壕内放送設備あり	なし
バリアフリー対策	階段手摺あり、坑道内への昇降スロープあり（車いす完備）	戦時中の遺構面を保護する目的で、地面は養生してコンクリートを引いている 車いすが1台通るようになっている（車いす1台完備）
その他	二酸化炭素濃度適宜測定 資料館併設	酸素計設置 文化センター展示 戦争遺跡文化財指定



写真Ⅲ-1-1 所内監視用モニター、無線受信機、緊急用電話

写真Ⅲ-1-2 壕内の緊急用電話

写真Ⅲ-1-3 サーキュレーター

写真Ⅲ-1-4 2年前に実施された補強

写真Ⅲ-1-5 南風原陸軍病院壕（20号）内部の様子  
(<https://www.haebaru-kankou.jp/index.php/peace-education.html>より引用)