

トンネル工事に石見銀山間歩掘削をみる

高橋 悟

江戸時代の鉱山開発技術、中でも間歩掘削技術はトンネル掘削工事に大いに貢献してきた。トンネル掘削における問題点としては通風、湧水、湧水に伴う地山の軟弱さ等による岩盤・土砂の崩落がある。

石見銀山の間歩掘削の様子を示す石見銀山絵巻を見ると、通風に煙抜けの掘削、唐箕、湧水には桶、ポンプ、排水溝など、地山が弱く、崩れやすい個所には木または石で支える留山（山留）と言う方法で間歩を保護、維持している様子が生き生きと描かれている。

この留山には栗などの腐りにくい堅い材木が用いられたほか、石見銀山では他の鉱山に見られない図—1のような「石留」と言う石を加工した非常にユニークな留山が絵巻中に確認できる。

この石留の図を良く観察すると現在の都市土木の地下鉄トンネル工事などのシールド工法の原点に通じるものがあることが感じられる。そこで江戸時代の他鉱山、江戸時代の鉱山関係の技術書にもない技術で、石見銀山のオンリーワンの技術である「石留」についてトンネル工事におけるシールド工法と比較検討し、シールド工法と石見銀山の石留の類似性、ユニーク性を明らかにしようとした。

文久元年（1861年）に書かれた『石州銀山治府要集』によると「石留」は図—2のような3個の石部材で1組をなし、長さ25cmの馬蹄形の留山を形作る。この「石留」の工程(工法)はシールドと呼ばれる盾（防護物）によって周辺の軟弱な地盤が崩れ落ちるのを防ぎながら、その中で掘削を行い、その後方を山留材であるセグメントやコンクリートで巻き立て、トンネルを完成させる図—3のような現在のトンネル工事のシールド工法によく似ている。

シールド工法は1818年イギリスにおいてフランス人ブルネイによって船材の木材を食べながら後ろを殻で固めていくフナクイ虫にヒントをえて考案され、1825年テムズ川を横断する軟弱地盤下の図—4に示す水底トンネルで初めて採用され、今日に至った工法である。

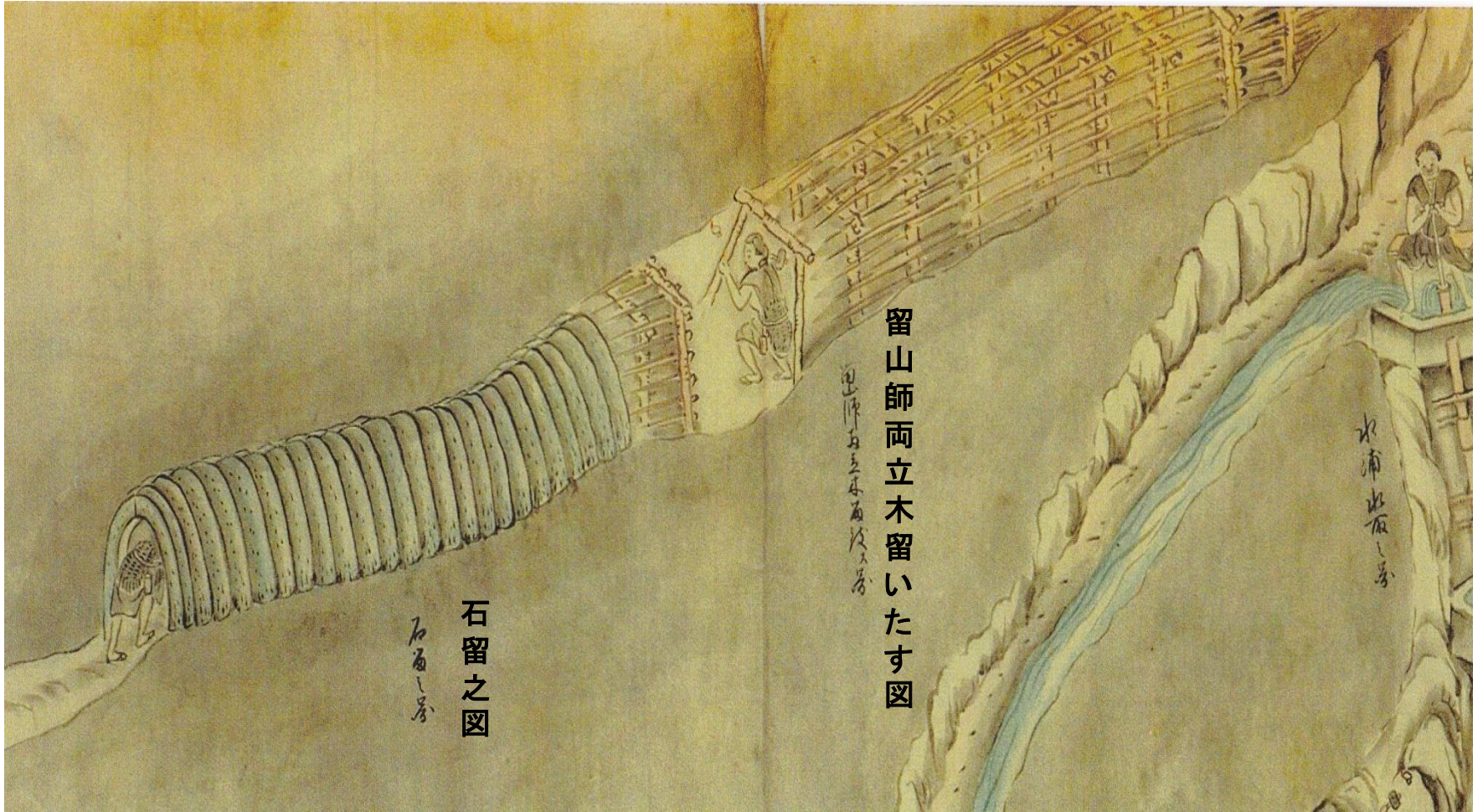
石見銀山の「石留」の一連の作業は江戸時代の文政年間（1818～1829年）に行われ、絵巻を見ると防御物には図—5のように留木を組み、その後方を「石留」で図—6のようにセグメントによる巻き立てが行われている。施工場所と言えば銀山川の真下の水の浸み出す軟弱地盤部分である。シールド工法と石留工の類似点を表—1のように比較してみると石留工法はまさにシールド工法そっくりと言える間歩掘削法である。

さらには当時交流のない遠く離れた日本とイギリスでほぼ同じ1800年前半期に、同じような条件の軟弱地盤、同じような方法で、鉱山掘削の間歩と間歩に類似するトンネルが掘られていたのは驚きであると同時に石見銀山で間歩掘削に関わった人の発想力と実行力に敬服させられる。これらの事から石見銀山間歩の石留工とシールド工法の類似性、ユニーク性は表—2のようにまとめられる。

内容の細部について興味のある方は現在投稿中の「郷土石見」の内容をご期待ください。

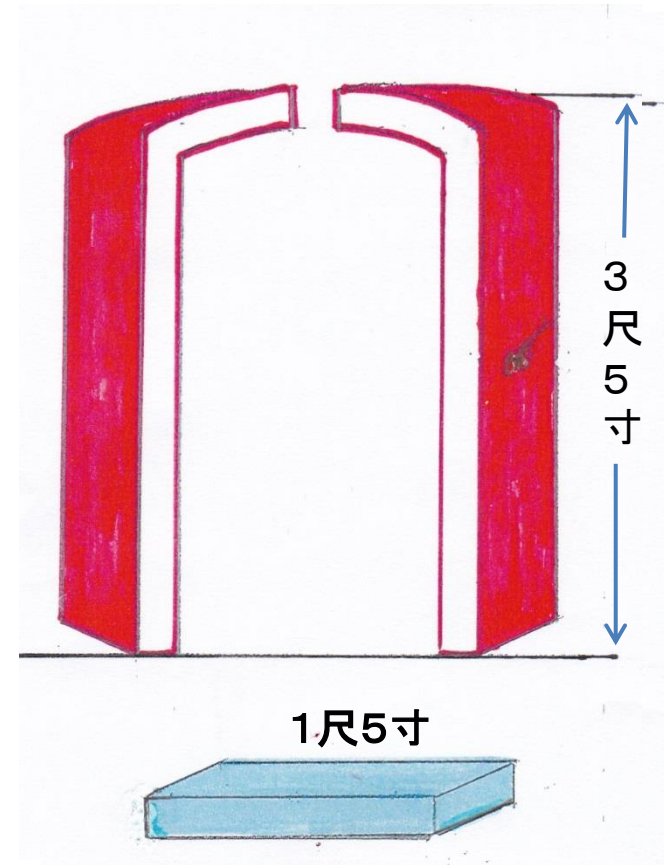
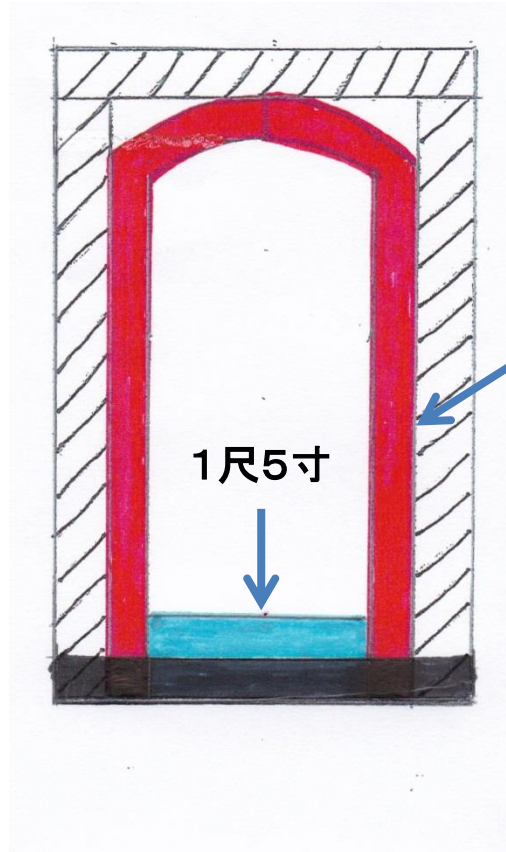
トンネル工事に石見銀山間歩掘削をみる

高橋 悟

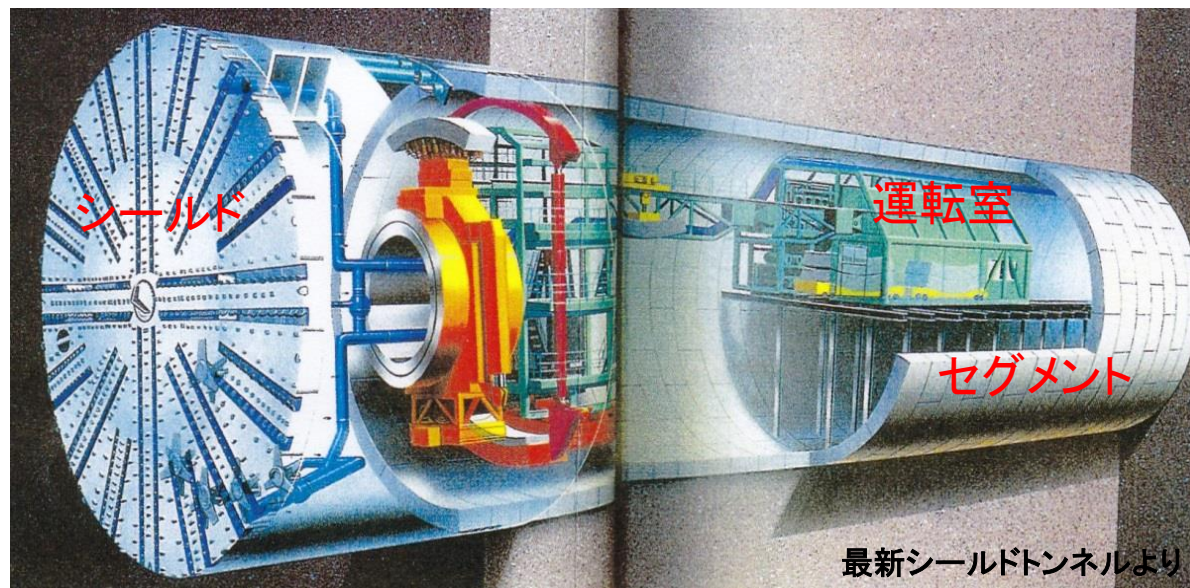
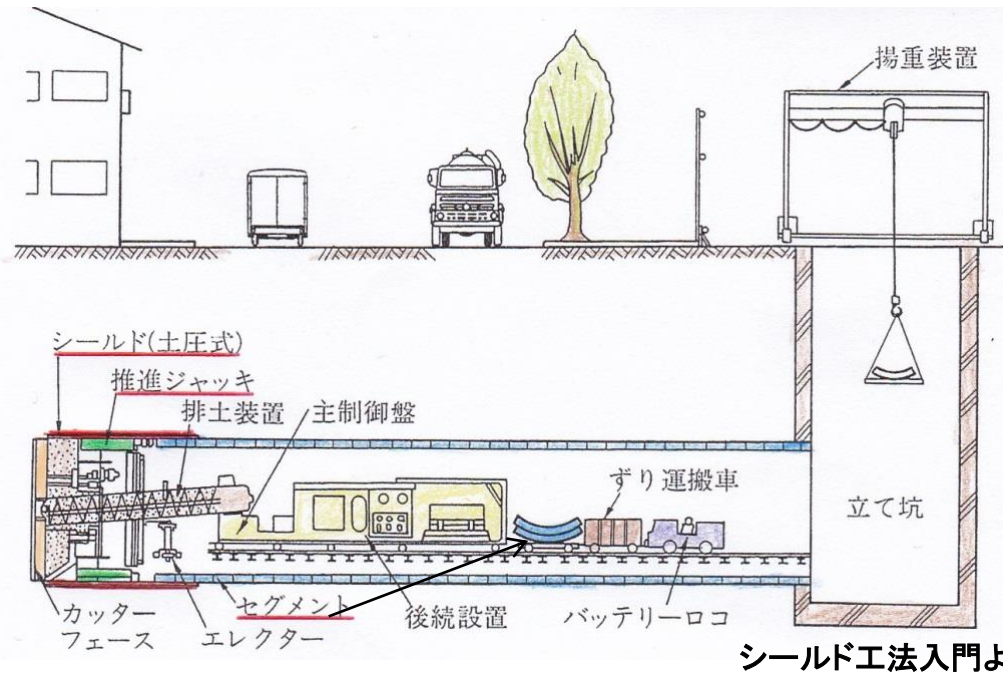


銀山絵巻より

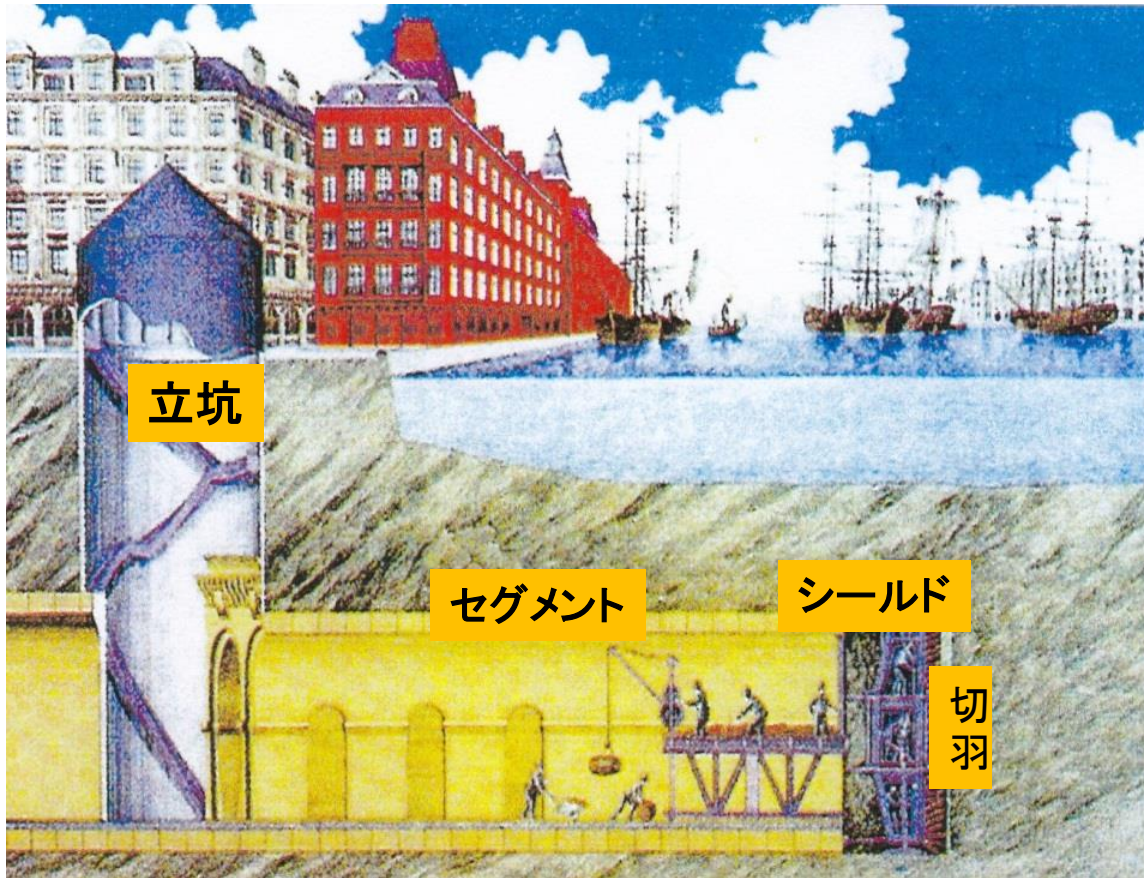
図一1 石見銀山絵巻に見る石留之図



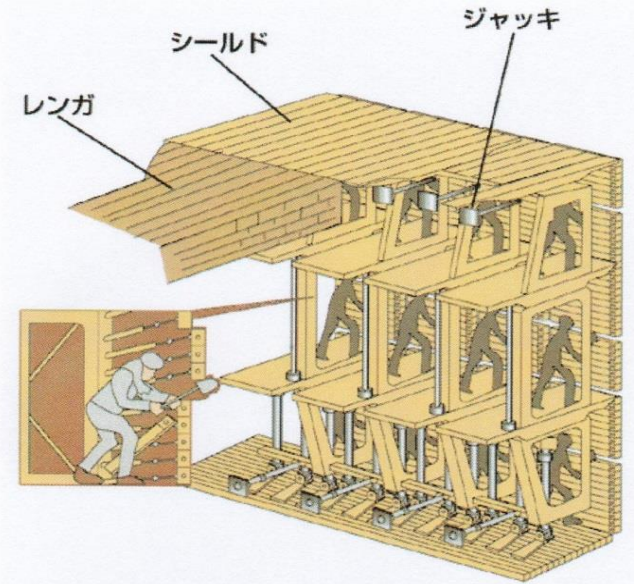
図一2 石留1組の各部材



図一3 現在のシールドマシン



最新シールドトンネルより



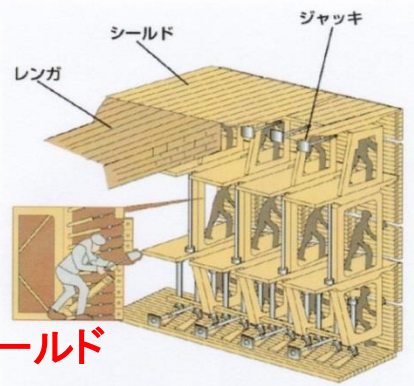
ブルネルのシールドマシン
土木学会より

図一4 シールド工法の概要

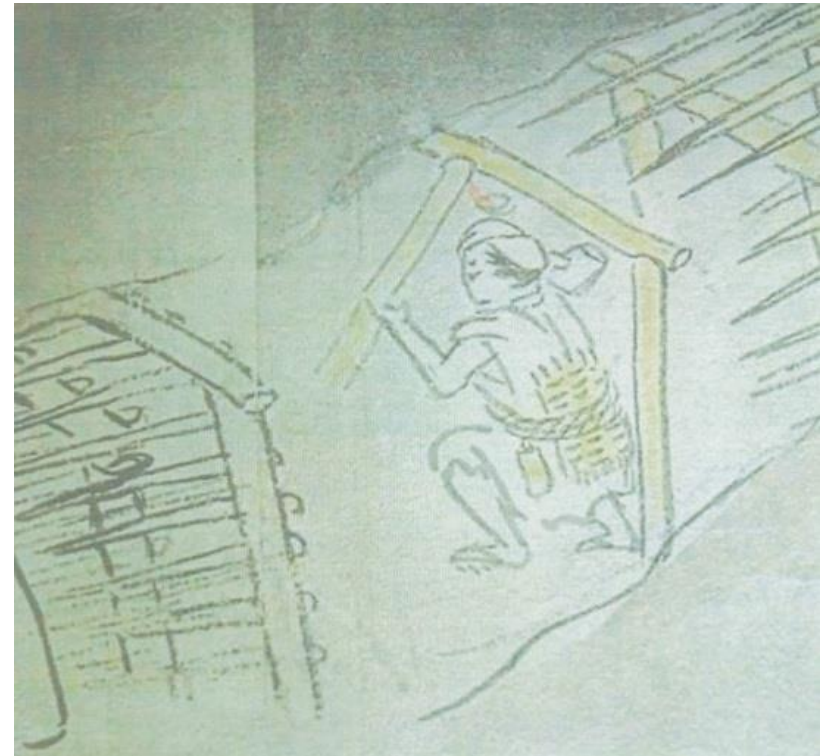
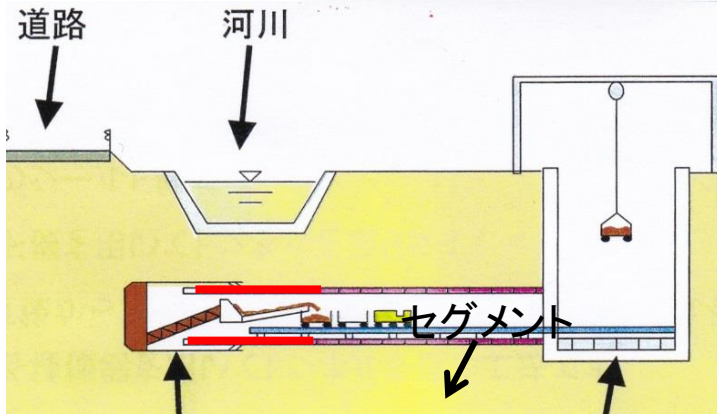
(ブルネル1825年施工)



シールド部分
の類似性



ブルネルのシールド

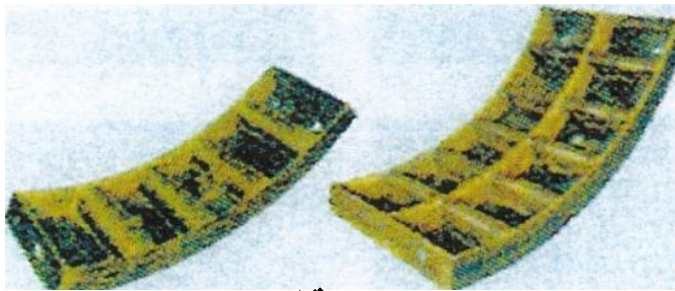


石見銀山間歩の石留工

図一5 シールド工法と石留の類似点(1)



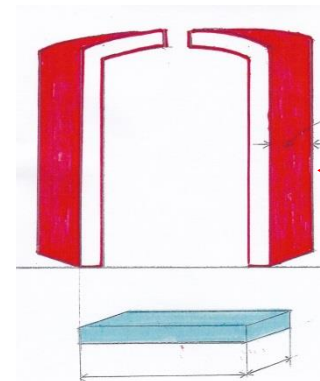
セグメント
の類似性



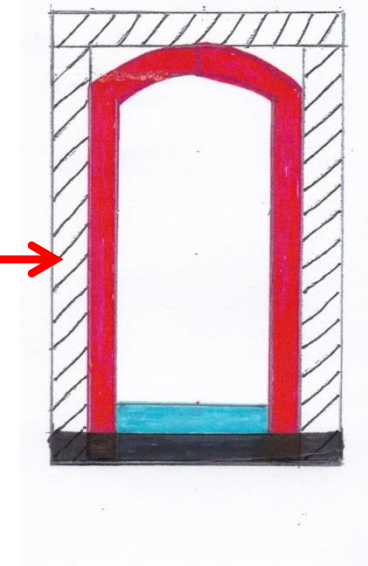
セグメント



セグメントの施工



1組



図一6 シールド工法と石留の類似点(2)

表一1 シールド工法と石見銀山石留工の比較

シールド工法と石見銀山間歩(石留工)の比較

	シールド工法	石見銀山間歩(石留工)	
考案年	1818年	1818年～1829年	シールド工と石留工 同じ時代
(施工年)	1825～40年	1826～27年	
場所	イギリス	石見銀山	
施工地盤	テムズ河川底 軟弱地盤	銀山川川底 軟弱地盤	イギリスと日本 (ヨーロッパと アジアの違い)
類似点	盾(防護物)シールド 留山 セグメント 施工 坑内組立	栗材の山留 石留(石材) 間歩内組立	

↓

シールド工法と石留工は類似し石見銀山の誇り

表一2 まとめ

1. 石見銀山の石留工はトンネルシールド工法に**類似した工法で、軟弱地盤**に用いられる工法である。
2. 石見銀山間歩で石留工が実施された年代はブルネルがシールド工法を考案した年代と**ほぼ同じ**である。
3. シールド工法はイギリス、石留工は日本と当時交流のない**異国で両者独自に開発施工された方法**である。
4. 石見銀山の石留工は当時として**レベルの高い方法**であったと考えられる。
5. 石見銀山の人々の発想力の素晴らしさと実行力に敬服するとともに「石留工」を石見銀山PRの1つに加える。