

長坂用水・法師の隧道の土木技術評価*

Evaluation of Civil Engineering Technique of Hoshi Water Tunnel in Nagasaka Irrigation Canal

北浦 勝*2、大前 明生*3、河原 清*4、景山 和也*5、池本 敏和*6、安達 實*7

By Masaru KITaura, Akio OHMAE, Kiyoshi KAWAURA, Kazuya KAGEYAMA, Toshiyuki IKEMOTO and Minoru ADACHI

概要

長坂用水は1970年に加賀藩5代当主前田綱紀の命により開削された歴史的用水である。長坂用水は開削から334年経った今でも農業用水として用いられている。金沢市にはこのような歴史的用水は数多く存在するが、本格的な調査が行われておらず、未だにその価値が十分に示されていない。そこで長坂用水の中で最も技術的価値の高いと思われる隧道17ヶ所のうち、中流部にある法師の隧道について調査した。

今回は法師の隧道内で平板測量、水準測量を行った。また測量結果と文献調査から得られた史料を基に考察した。

1. はじめに

長坂用水は築造されてから334年経った現在でも農業用水として、人々の暮らしにはなくてはならない歴史的用水の1つである。しかしながら、これらの歴史的用水は石川県が辰巳用水を一度調べた以外は学術的見地からの詳細な調査は行われておらず、文化財指定どころか歴史遺産としての価値が明確にされないまま今日に至っている。

そこで長坂用水のような歴史遺産における文化財としての価値を評価する必要がある。その方法として藩政期の土木技術面を知ることができるならば、文化財になり得る。このような歴史的用水として長坂用水について調査・検討する。

2. 現地調査

(1) 隧道立地

法師の隧道は金沢市南東部に位置する法師山を手掘りで掘りぬいた、素掘りトンネルである。その地質は今回の調査結果から高窪層であると判断できる。高窪層は今から約500万年前に形成された地層で比較的硬い地層である(図-1)。隧道内に掘削跡がはっきりと残っている

箇所が所々に見られることから地層の硬さを推測することができる。

(2) 測量手法

今回の測量では法師の隧道の上流側入口を①点とし、下流側出口を⑮点とする、計15点を任意に設定し、その点を基点として水準測量と平板測量を行った。

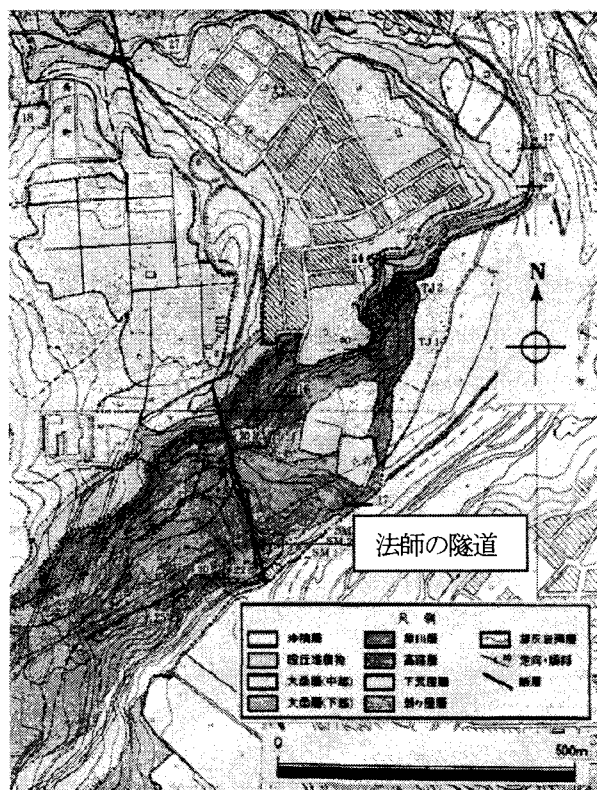


図-1 法師の隧道地質図¹⁾

* Keyword : 長坂用水、法師の隧道、測量技術

*2 フェロー会員 工博 金沢大学大学院自然科学研究科・教授

(〒920-8667 石川県金沢市小立野2-40-20)

*3 金沢大学大学院自然科学研究科・大学院生

*4 博(社会環境科学) 金沢市役所文化財保護課

*5 金沢市役所文化財保護課

*6 正会員 博(工) 金沢大学大学院自然科学研究科・助手

*7 正会員 博(工) 金沢大学工学部・非常勤講師

(3) 水準測量結果

水準測量の結果から、

隧道延長 129.6m、落差 0.2m、勾配約 1/650 であることが明らかとなった。その結果を図示したものが図-2である。

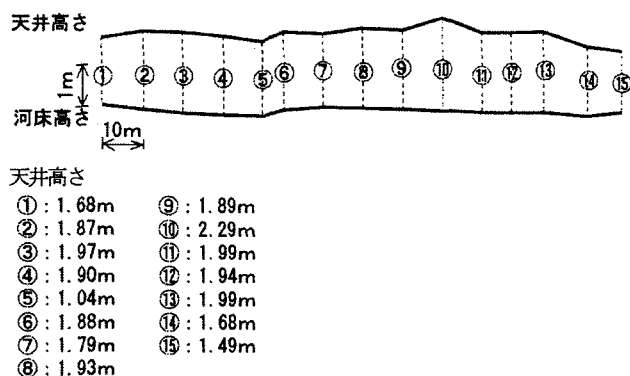


図-2 水準測量図

(4) 平板測量結果

平板測量結果を図-3に示す。今回の平板測量で法師の隧道がどのように曲がっているかが判明した。また平板測量図から分かることを読み取り、考察を加えていく。

⑥、⑩点付近に断層帯による側壁の崩落や、⑬点付近に天井部の崩落が見られた。他に⑭点付近にコルゲート巻き建てによる天井補強や出口である⑮点付近では巻き工法が見られた。また⑨点付近の右側に横穴があり、法師の隧道では横穴を1つ造ることで工期の短縮を図り、かつ1区間の距離を短くすることで食い違いの可能性を減少させていると考えられる。

図-3から分かるように、大きく屈折している⑤-⑥点が両面から掘った接合点であることを示している。図-3において上流側接合点が上流側入口(①点)と横穴(⑨点付近)からおおよそ同じ距離で接合していることから、横穴と下流側の接合点は⑫点付近である可能性が高い。

接合点に関しては掘削跡からも検証した。当時はつるはしを振るって掘削をしていたので左右両側で進行方向に向かって斜め下に掘削跡が残っていることが分かる(写真-1)。天井に関しては進行方向に向かって山型になっている(写真-2)。写真は上流側から撮影されているので下流側から向かって掘削されている所は天井ではV字型になっていることになる。

まずは上流側から横穴までについて見る。図-3では①、③、⑤点付近では上流側から掘られた跡があるのに対し、⑥-⑨点間では下流側から上流側に掘られた跡が残っている。このことから⑤-⑥点間で接合されていることは明らかである。次に横穴から下流側出口までを見る。⑩-⑪付近には横穴から下流側に向かって掘られており、⑬点付近では下流側から横穴に向かって掘られていることが分かる。したがって⑫点付近で接合していると考えられる。

また①点と⑮点を線で結ぶと、その線上に横穴があることが分かる。すなわち①点と横穴、横穴と⑮点の間は

接合点で「くの字」になっている。このように「くの字」に曲がっているのは、わざとこのように掘ることで平行に掘っていつてしまうといったミス無くし、確実に工事を進めるための工夫であると考えられる。この方法は金沢市内にある辰巳用水(1631-1632)においても確認された。

以上のことをまとめると、法師の隧道には横穴が1つ存在し、工期の短縮や工事の失敗を減少させていたことが分かった。また隧道は「くの字」に掘られており、39年前に完成した辰巳用水と同じ技術が用いられていたことが判明した。

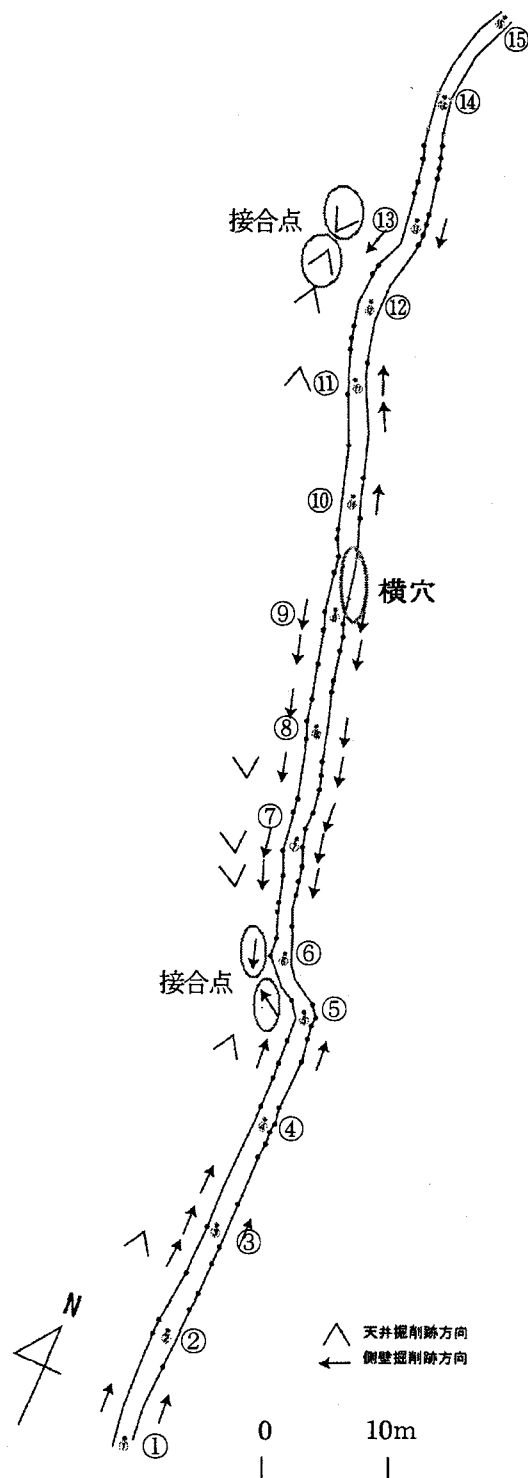


図-3 法師の隧道の平板測量図

とが判明した。

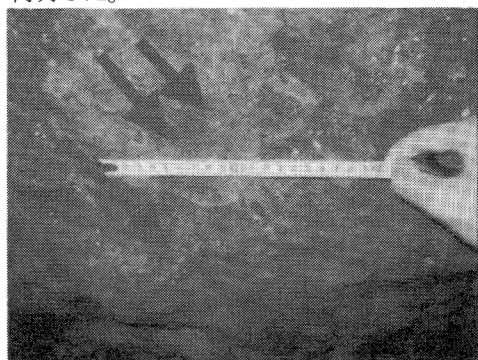


写真-1 側壁掘削跡 (⑤点付近)

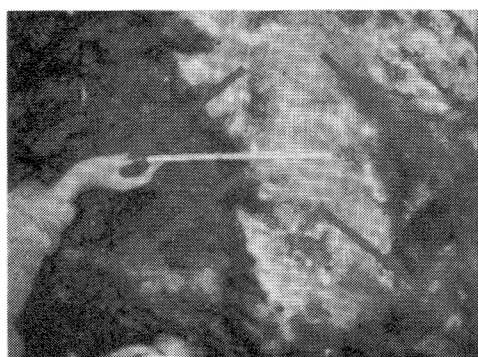


写真-2 天井掘削跡 (⑫点付近)

(5) タンコロ穴設置位置と形状

タンコロとは坑内で明かりを取る際に用いた火を灯すための道具で、その火が空気の流れて揺らぐのを防ぐために掘られたのがタンコロ穴である。長坂用水におけるタンコロの設置高さは平均 1.3m ほどであった。39 年前に完成した辰巳用水ではタンコロ穴設置高さは 1m 前後が一番多いことから年を経て設置高さが高くなっていることが分かる。これは煙害による労働の負担を少しでも軽くするための手段だったのではと想像される。

次に設置箇所について図-3、図-4 を用いて考察する。出入り口付近である①-②、⑭-⑮間はタンコロが少ないことが分かる。これはもちろん外から明かりが取れるからである。②-④手前までは左右ともにタンコロは少ないが④-⑤に集中している。⑤-⑥間にはタンコロはほとんどない。図-3 を見ると分かるように曲がり角では外周のほうにタンコロが集中している。これはより効率よく明かりと取るためであろう。すなわち⑤-⑥間では左側にタンコロがあるはずである。しかしその部分は崩落しており今回の測量調査ではタンコロ穴を発見できなかった。

⑥-⑨間は横穴から上流側に掘り進んだ区間であり、ここで直線であるにも関わらずタンコロ穴の数が多い。これは横穴からの掘削では上下流の出入り口側に比べ、暗かったと考えられる。

⑨-⑫間は⑩付近に崩落があるせいか、⑥-⑨間よりもタンコロの数が少ない。⑩-⑪間にはタンコロ穴がほとんどないことから、この崩落箇所にはタンコロがいく

つか設置されていたと推測できる。⑫付近のカーブではやはり外周側（ここでは左側）にタンコロが多くなっている。

⑬-⑮間はその後補強されているのでタンコロ穴は見えない。⑬-⑭間には距離のわりに多くのタンコロが確認できる。

図-3 と図-4 から読み取れることをまとめると以下のようである。

1. 出入り口付近にはタンコロ設置数が少ない。
2. カーブではより効率的に明かりを取るために外周側に多く設置されている。
3. 直線部分では掘削の班によって差が見られる。
4. タンコロ穴の設置高さは河床の高さによって変化している。

全てのタンコロ穴形状の平均を取ると、高さ 14.5 cm、幅 16.6 cm、奥行き 10.8 cm となっている。

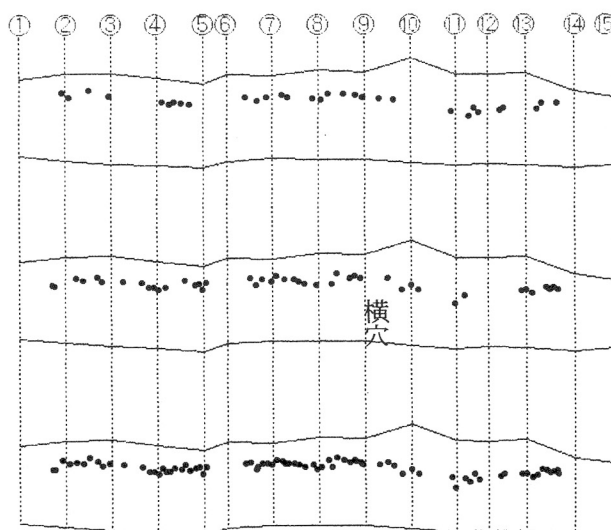


図-4 左側タンコロ穴設置位置 (上) と右側タンコロ穴設置位置 (中) と両側タンコロ穴位置重ね合わせ (下)

3. 紅毛流測量術²⁾

紅毛流測量術は 1620 年頃 (寛永期) にオランダ人カスパルが樋口権右衛門に伝えたといわれている。しかし樋口は禁教令を犯してキリスト教を奉じていたという疑いがかり、紅毛流測量術 (規矩元法) そのものも「異術の疑いあり」ということで禁止され、中絶した。

しかし金沢清左衛門・勘右衛門兄弟に密かに教えを伝えていた。明暦 3 (1653) 年の明暦大火で江戸が焼けた時、幕命により兄の清左衛門が初めて江戸の地図を数日で作り上げたことで規矩術の効用が認められ、約 30 年ぶりに禁令が解け、再び世間に広まっていった。

このことから辰巳用水 (1632 年完成) では紅毛流測量術が使われていなかったものと推測できる。また禁令が解けてから長坂用水が着工 (1670 年) されるまでに 17

年の月日があるので、江戸から金沢に伝わるのに十分な時間があつたと考えられる。すなわち長坂用水は最先端の測量技術が駆使されて造られた可能性がある。

紅毛流測量術では、量盤を用いる縮図法（量盤術）と規矩元器を用いて方位を測る方法（盤針術）の2つが中心を成している。単に距離と高さを測るだけでなく縮図・地図ができ上がることが従来の測量術との違いである。量盤術・盤針術の他に渾発術・算勘術・機転術の3つがある。

量盤術とは平板のような「量盤」の上に定規を置き、各地点から見通して線を引き板上に縮図を作る方法である。これは現在の平板測量のもととなった技術である。盤針術とは磁石の針を通すために十字の木の枠に糸を張った「規矩元器」で方位を測り、方位と距離の数値をもとに縮図を別を書く方法である。これは現在のコンパス測量のもととなった技術である。三角測量の普及以前はこのような単純な方法を根気よく繰り返し、測量精度を向上させるしかなかった。しかし辰巳用水の寛永期隧道と比べると曲がり具合も少ないので技術の進歩をそこに見ることができる。

4. 現在の先端技術による測量調査

今回の測量調査では3次元レーザー測量も行った。調査結果を図-5,6,7,8に示す。この結果から隧道延長は129.66mということや断面形状など、より詳細なことが明らかとなった。

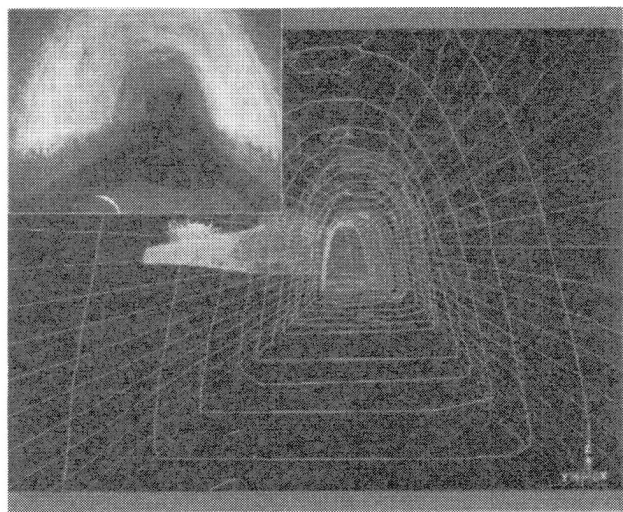


図-5 3D 隧道断面（上流から下流を見る）

5. 結論

今回の調査で長坂用水隧道の形状や水路勾配、タンコロ穴の設置位置が判明し、また文献調査によって長坂用水の測量技術が当時の最新の技術であつた可能性が示された。今後横穴の長さや掘削方向、貫通点の位置について、長坂用水と辰巳用水を比較検討し、当時の技術に関してさらに考察を加える予定である。

参考文献：

- 1) 堀 雄貴：平成11年度学士学位論文、1998

- 2) 松崎 利雄：江戸時代の測量術、総合科学出版、pp.10-15、1979.

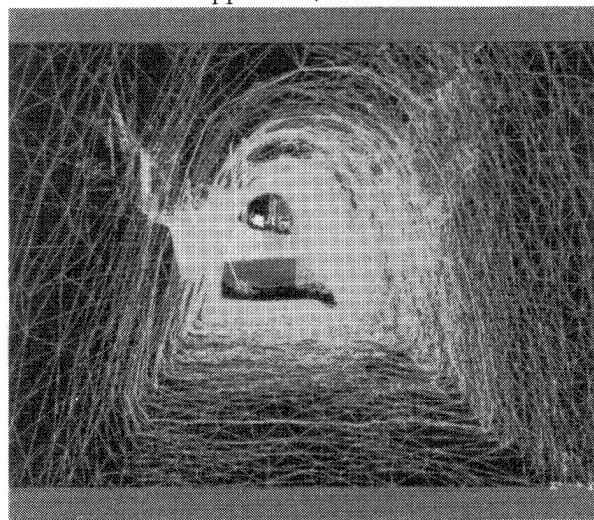


図-6 3D 隧道断面
（上流付近において下流から上流を見る）

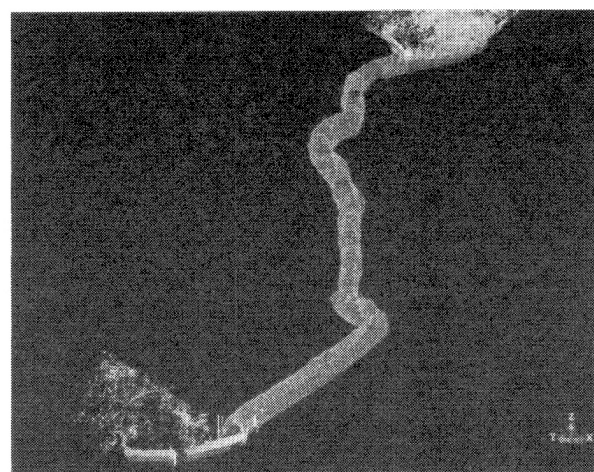


図-7 法師の隧道の全体図

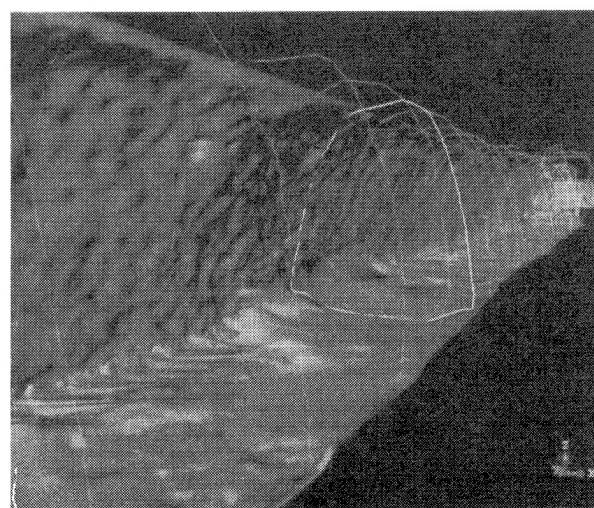


図-8 河床及び側壁の様子