

25. 長尺(80m)水平鋼管削孔機の実績

西松建設 長井 吉郎

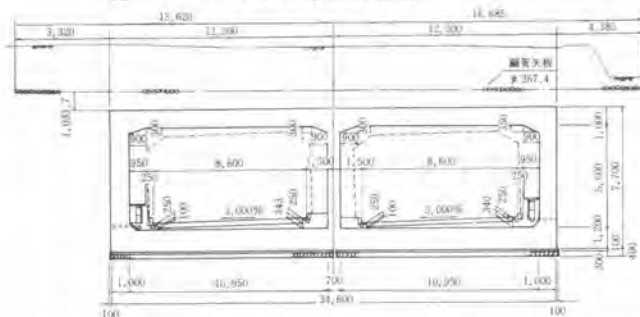
1. まえがき

圧入鋼管の圧入方向をコントロールし、正確に長尺80mを施工した水平鋼管削孔機の実績についての報告である。

2. 工事概要

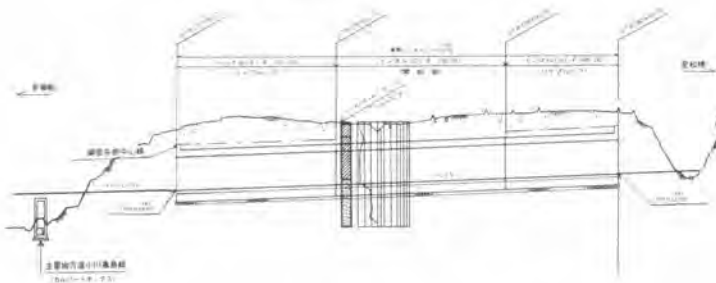
当工事は、図-1でみるとおり比較的なだらかな台地で、地層は表面から1m前後が黒ボク、3m前後迄が赤ボク、10m前後迄が灰土で、全体として火山灰土で形成されている台地下に、土かぶり3m前後に、高さ7.7m、巾24.8mの大断面トンネルを構築するものである。したがって、施工途中の地表の沈下、地山のゆるみを防止するため、延べ17200mのパイプーフをAトンネル(L=120m)とBトンネル(L=85m)の上部に設置した。

図-1 トンネル標準断面図



トンネル天井部に中央、両端に3本のガイド管を設置する。

図-2 縦断面



3. 既往資料の調査

いずれの工法説明も手段と結果のみが示され、手段から結果にむすびつく途中説明がないが、概して許容方向誤差は1%以下となっている。当現場に指示された許容誤差は0.5%以下であり、圧入延長は120mと80mである。したがって、あらかじめ種々の圧入工法の試験施工をおこなって、考えられる全ての誤差要因を解明淘汰したうえで本工事に着手することに決定した。

4. 考えられる方向誤差要因の解決方法と試験施工の結果

a 溶接による誤差

鋼管延長80mの場合、単位鋼管8m×10本で構成される。そのため、鋼管はたがいに同一直線上に溶接しなければならない。

先頭管に変位が生じた場合でも、先頭管に対し一直線上に溶接すべきである。仮に変位した先頭管に後続管を計画軸センターにセットして溶接した場合、2本の管はくの字状の管体となり、わん曲の最も大きな原因となる。したがって先頭管の圧入は慎重におこなうべきである。又先頭管が変位したので引き抜いて再圧入をして修正を試みたが、修正は困難であった。一度あいた穴は元の土質条件に復元することはほとんど不可能である。

b 圧入鋼管の断面係数、及び管厚による誤差

上載荷重に対する断面係数及び管厚は充分強度がある。管厚6mmの圧入管を24m圧入した時の点間誤差は1%であった。しかし管に振れを生じていたのでその振れ角より、先端にかかる偏荷重のトルクモーメントを逆算し、圧入長60mの先端に同一のトルクモーメントを乗じた場合、同一振れ角以下にとどまるための管厚は、管厚12.7mmが必要となった。

結論として鋼管のわん曲は、たわみと振れの複合原因に起因するものと思われるが、管厚の決定はそのうちの許容振れ角によって決定されるべきものと考えられる。

c 圧入管先端にかかる偏荷重による誤差

試験施工の結果、先頭管先端を45度に斜めに切断加工することと、オーガストロークを併用することで管先端上下の抵抗差は、ある程度コントロール可能となった。ただし、測点間誤差が0.25%以下でなければコントロール効果が少なく、若干ブレーキがかかる程度である。したがって常に観測し、測点間誤差が0.25%以内で手当をすれば充分効果がある。管先端の左右の抵抗差の調整の方法実験は特におこなわなかった。

d 圧入管先端にかかる左右の抵抗差の誤差

圧入途中時、誤差調整をおこなう方法が発見できないので、高精度で設置するガイド管の圧入試験をおこなひ、残余の鋼管はガイド管のジョイントで誘導することで、正確に全体の鋼管群を圧入することとした。

d-1 ガイド管試験

資料調査による工法として、あらかじめ小口径の削孔をおこなってピアノ線を通し引き込む工法を試みたが、ピアノ線を通す小口径ボーリングそのものに誤差があり、正確ではなかった。しかし、削孔した穴を正としてピアノ線を通し、ピアノ線で鋼管を前方に誘導する方法と、背面から掘削しながら推進する方法を併用することで、誤差0%に近い精度($\pm 60\text{m}$)に管を圧入することができた。

d-2 ガイド試験

単管を回転させながら、削孔、推進する工法であるが、回転により破壊された土が、回転に伴って周辺土質に不均等な破壊、例えば上部に空隙を起し、管回転時には管全体及び管内部のオーガーが偏心回転して、掘削が不可能となった。

d-3 ガイド管試験

延長30m程度迄は0.25%の精度を保持することが可能となったため、長さ30m地点に方向修正ビットを設けジャッキで正確な方向修正をおこない、長さ50m地点で同様の修正を再びおこなった結果、全延長点間誤差0.25%以内のガイド管の圧入が可能となった。

e 測点間誤差を0.25%以下に保持

圧入鋼管の単位長は8mであるので、8m溶接設置時に測量観測をおこなってチェックをおこない、処置を採った。

f ジャンクションによる誤差

鋼管を互いに結合するジャンクションには種々の方法がある。ある種類は圧入に大推力を必要とし、ある種類は推進時に裂け、ある種類は一方向に回転する傾向がある。

当社は長年の経験と実験から、推力を必要とせず、裂けず、かつ施工後に継手に止水注入の容易な図のごときジャンクションを採用した。

図-3 鋼管矢板標準断面図

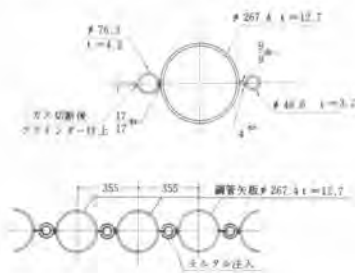


図-5 鋼管圧入水平ボーリングマシン

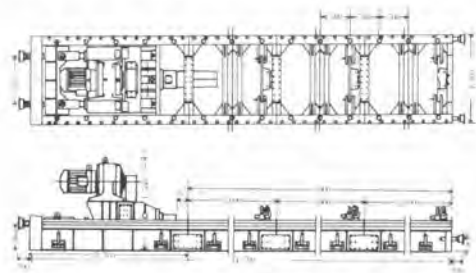
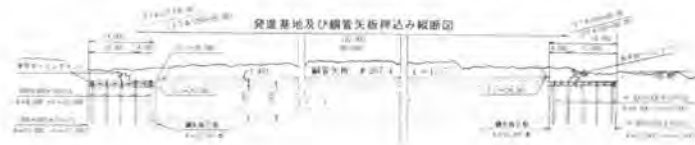


図-4 発進基地及び鋼管矢板圧入縦断面図



g 方向誤差要因の解決

実験の結論として、次の仕様の構造機械を製作することとなった。

- 1) 推力中心軸と反力中心軸は、同一直線上になければならない。
- 2) 推力の大小は高精度圧入時には特に要因とはならない。
- 3) 圧入機械は、左右両回転で前後30cm程度のストロークの効くものでなければならない。

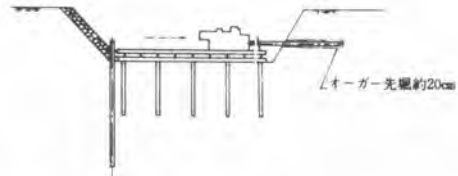
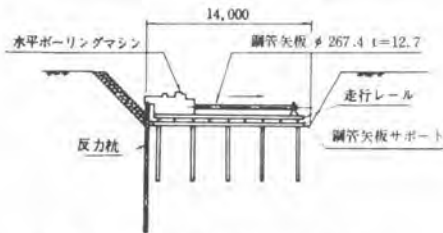
5. 以上の試験施工の結果をふまえて本工事の削孔計画をおこなった。

計画；トンネル天井部の各々中央と両端に3本のガイド管を設置し、それを基準とした左右に鋼管をジャンクション連結させて水平削孔をおこなう。Aトンネル平面長120mは両立坑から60mずつ施工し、中央でドッキングする方法をおこなう。Bトンネル80mは一部分80m片側立坑から施工し、一部分は40mずつ両立坑から施工することにした。

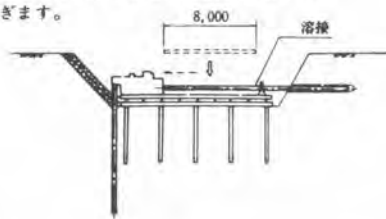
方法；図に示す方法にて、機械セット、オーガ削孔、鋼管圧入をおこなった。

図-6 鋼管矢板圧入施工順序図

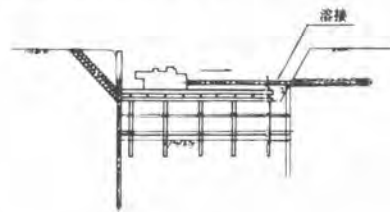
- ①鋼管内にアースオーガをあらかじめ挿入して機械にセットします。
- ②オーガにて削孔しながら同時に鋼管を圧入します。



- ③1本(8.0m)終了したら、アースオーガを挿入してある次の鋼管矢板をつなぎます。



- ④順次鋼管矢板を圧入していきます。



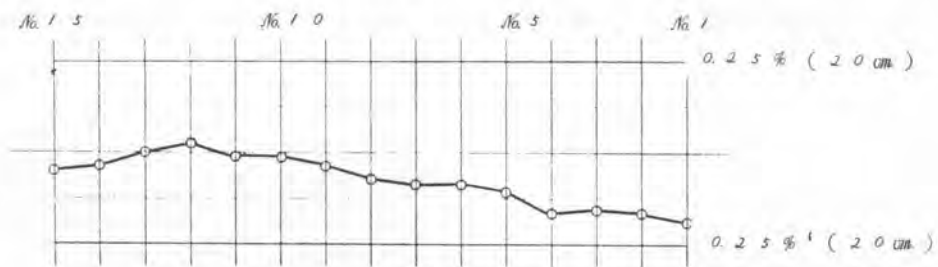
まとめ

以上の配慮から機械を設計し、圧入方法を計画したので、指示の誤差0.5%以内で施工を完了することができた。

距離80m施工の誤差の状態は表-2のごとくである。

表-2

誤差実績表(施工長80m)



今後、特殊構造物の下に大断面トンネルを掘削する場合は、屢々水平鋼管圧入工法が採用されるであろうが、本実績は前述の地質距離に最も適合した方法、接手、機械であって、何れの地質、例えば砂利層などにそのまま適合するとは考えられない。この場合は地質、施工単位延長などを勘案し、機械、鋼管径、方法などを決定する必要があるであろう。その時に、本論文がそれらの予測、実験の進め方の一助ともなれば幸いと考えている。

今後共より大きい発展のために、諸賢の御指導をお願いする次第である。