

高精度水平ボーリング技術の一考察

新日鐵(株) 大分製鐵所 平野 信久

同上 同上 山口 隆志

1. はじめに

一般に小径水平ボーリングには、トンネル工事の先進ボーリング・パイプルーフボーリング・地回り防止水抜ボーリング等がある。これらの中で特に精度を必要とするものは、パイプルーフボーリング工事であり、その精度はせいぜい $1/500$ 程度である。しかも小径(200mm以下)水平ボーリングでの方向修正は、ほとんど不可能である。従って所定の方向からずれた場合、その掘削作業を中断して別の場所で新たに掘削作業を開始するか、掘削孔を埋め戻した後に再度掘削を再開しているのが現状である。今回、新日鐵大分製鐵所内において、多数の配管がすでに埋設された非常に狭隘な場所でボーリング長約10mの水平ボーリング34本を実施し、掘削孔の孔曲り修正方法の開発等により約 $1/1000$ という高精度($\pm 10^{-3}\%$)を実現することができたのでここに報告する。

2. 工事概要

図-1,2に示す様な大型構造物基礎中の既設冷却管の間に新たに冷却管を挿入し上部設備の冷却能力を向上させるため孔径 $\phi 115$ の水平ボーリングを行なう。この水平ボーリングは水平ボーリングマシン2台を投入し中心に向かって行なう。(長さ 4.2×9.5 m 54本 延約450m) 切口から1.1~2.8m付近にある鋼板を切断するまではメタルクラウンによる水冷掘削(1次掘削)し、それ以降はボタンビット+エアーハンマーによる空冷掘削(2次掘削)である。掘削に先立ち、既設冷却管上部鋼板の損傷防止、また、高精度を得るために既設管の蛇行調査測量、管芯測量を実施した。この結果をもとに開孔管理図を作成するとともに、施工管理基準を作成し、工事に万全を期した。

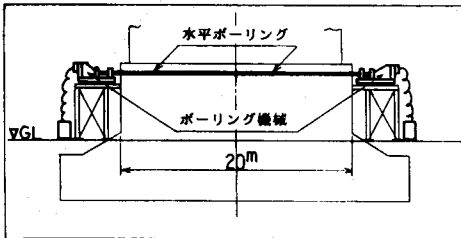


図-1 水平ボーリング位置図

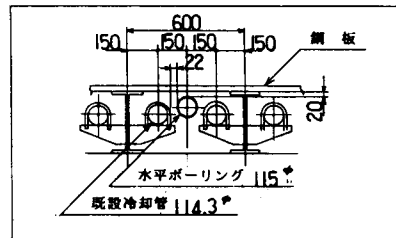


図-2 水平ボーリング位置詳細図

3. 水平ボーリング結果

図-3に上下方向、図-4に左右方向の掘削精度の総括を示す。また図-5にボーリングNO13の掘削精度を示す。今回の水平ボーリングは掘削長1m毎に測量を実施し、次の1mでの予測を行ない後述する方向修正を行なうかどうか判断し、次の1mへ進んだ。この結果既設配管等への損傷もなく全て計画以上の精度で54本の水平ボーリングを完了した。以下、今回の工事で得た水平ボーリングに対する知見を述べる。

1) 水平ボーリングマシン掘付仰角

事前に2度実施したオフラインテストで掘削が長くなるほど下向き傾向が大きくなる特性から、マシン掘付を $\alpha 2\%$ 仰角で実行した。メタルクラウンによる1次掘削完了地点における勾配は $\alpha 2\%$ であったがこの上向きの1次孔がガイドとなり掘削長4m以後の下向き傾向掘削に大きく寄与していると考えられる。

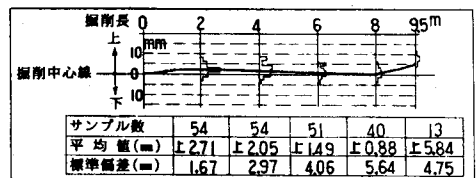


図-3 上下方向掘削精度

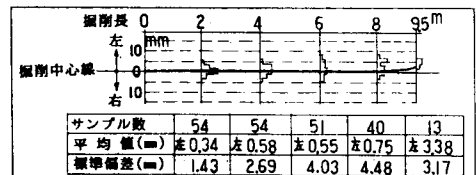


図-4 左右方向掘削精度

2) 上下方向精度

掘削基準レベルは、上部鋼板下 20mm であるが、1次掘削完了地点と中心部分に 9mm の鋼板があり、さらに上向き 0.2% で掘削するため上方の精度は $+8\text{mm}$ 程度となる。一方、下方は -25mm であるが冷却能力上極力上部鋼板に接近させる開孔が要求された。今回の工事においては精度管理強化、マシンセット上方 0.2% と修正方法の確立により、平均値で基準レベル $+3\text{mm}$ 上の大きな成果を得るとともに上方鋼板への損傷は全くなかった。

3) 左右方向精度

これと上下方向と同様に精度管理強化、修正方法の確立により、最も懸念された既設管の損傷は皆無であった。オフラインテストでは右曲りの傾向であったが本工事においては必ずしもこの傾向と一致しなかった。図-4から平均値はほぼ中央(±0)であるということから分かるが、 9.5m で最大 10mm 程度であり非常に高精度を実現できた。

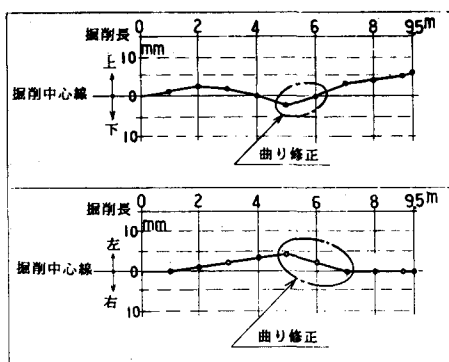


図-5 No.13ボーリング精度

4) 方向修正について

「はじめに述べた通り一般的な水平ボーリングは精度が高いものでも $1/500$ 程度であるが、今回は $1/1000$ 程度が必要でしかも狭隘なため再掘削は不可能である。この工事を完遂するには修正方法の確立が絶対条件であった。修正方法の概要を以下に述べる。1m毎の測量で管理値をオーバー、また、次の1mで管理値オーバーが予想される場合エアハンマー付先端ビットとロッドに連結し回転と打撃による通常掘削と中止する。この先端ビット作動用エアハンマー部に当接可能でかつエアハンマーの排気路を有する方向修正ガイドを設けた修正用ガイドパイプに先端ビット及びロッドを挿入し修正ガイドを所定方向にセットする。次に修正ガイドパイプ(長さ1m)を接続しながらロッドも同時に接続し、所定の修正位置まで油圧で挿入する。修正掘削は先端ビットとロッドのみを回転させ通常通り掘削し、修正ガイドパイプは圧入していく。この修正方法は1m当り約 5mm の範囲で修正が可能である。図-5に修正実績、図-6に修正掘削概要図、図-7に修正ガイド詳細図を示す。この方法の確立により掘削精度が大きく向上した。尚、この方法による修正数は全54本中、上下方向17本、左右方向7本であった。

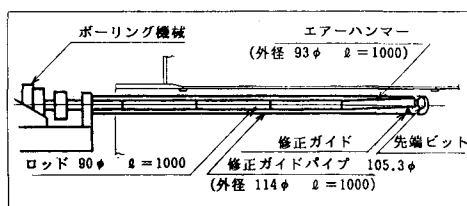


図-6 修正掘削概要図

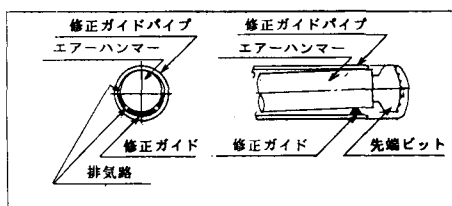


図-7 修正ガイド詳細図

4. おわりに

本工事は、狭隘な設備の直下でも非常に狭隘な位置での水平ボーリングを行なう難工事であったが、以上述べてきた様に方向修正方法の確立等により無事完成した。この修正方法を用いることにより、長い経路の水平ボーリングが可能となり、狭隘な場所に埋設されている障害物を避けつつ小径掘削を続けることができるようになった。このように大型生産設備基礎又は大型構造物基礎内への新しい管路の設置等を容易におこなう上で本修正方法は大きな効果を発揮するものと考えられる。