

日本電信電話公社 正会員 ○ 出縄常天
杉本光男
前田裕康

1. はじめに

近年、市街地におけるトンネル工事の増加に伴い、河底や海底下を横断するトンネル工事も多く施工されている。本報告は横浜市の榑木町の/級河川大岡川(水路幅58m、水深2.6m)の河底下を横断する上下2連のトンネルをけん引式鋼管推進工法により築造した実施例である。

2. 概要

(1) 工事概要

本工事の概要は表-1に示すように通信用とガス用施設のトンネル工事であり、また図-1に示すように大岡川を左岸より右岸に向けけん引推進するため両岸に深さ約25mの立坑を築造し作業基地とした。

けん引式推進工法は立坑相互間をあらかじめ地中に水平ボーリングにより貫入させた鋼線を介して前方よりブラインド型刃口と溶接継ぎの鋼管をけん引推進する工法であり、この一連の作業工程は、けん引推進→土砂搬出→鋼管溶接継ぎ→けん引推進となる。

(2) 土質状況

施工区間の土質は軟弱シルト質粘土層でN値は0~2程度であり、その特性を表-2に示す。

3. けん引式推進工法

(1) 刃口構造

刃口はセミブラインド形式とし地山の状態に応じ開口部を調整できるように角落しを付け開口率の変化により地山の沈下や隆起を防止する構造とした。開口率はトンネルφ400mmに対して0~20%、トンネルφ1260mmに対して0~30%の設定が可能な構造とした。また、鋼管の周面摩擦抵抗を減らすことができるように滑材注入グラウトホールを左右2箇所取付けた。

(2) けん引力の算定

けん引力はトンネルφ400mmに対して2,370t{23.2MN}(けん引及び推進ジャッキ4台4150t{1.47MN}×8台)、トンネルφ1260mmに対して800t{7.84MN}(けん引ジャッキ150t{1.47MN}×6台)と設定した。

$$P = (P_1 + P_2) \times (1 + S)$$

$$P_1 = 40 \times N \times A \times \alpha, \quad P_2 = \pi \times D_p \times L \times \beta$$

(3) 上下2連の施工順位

上下2連の施工順位は先行推進の後行推進に対する影響①地盤の乱れ、②圧密による他管への影響及び一補助工法を採用する場合の施工性を検討した結果、下断のトンネルφ400mmより施工することとした。

4. 施工状況

(1) 水平ボーリング

表-1 工事概要

工法	ブラインド式けん引推進工法
用途	通信用トンネルφ3400mm ガス用トンネルφ1260mm
管径延長	φ3400mm — 65.792m φ1260mm — 65.792m
管種	t=24mm φ3400mm×2800mm×22本
	t=30mm φ1260mm×2800mm×22本
	φ1260mm×1600mm×1本
土砂り	φ3400mm — 18.93m
	φ1260mm — 15.25m

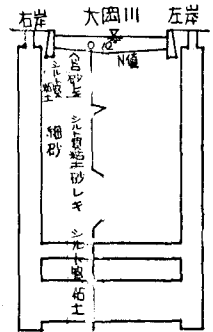


図-1 推進縦断面図

表-2 土質特性

標準貫入抵抗率	%	1.5~1.6
土質のN値		2.5~2.6
自然含水比	%	87~90
液性限界	%	105~120
塑性限界	%	0
土質のL値	%	0
土質のS値	%	34~37
土質のC値	%	64~69
土質のφ値	%	25~26
土質のψ値	%	10.4~10.6
土質のδ値	%	15.8~16.0

P: 全けん引力, P₁: 刃口切削抵抗, P₂: 刃口及び鋼管外周との摩擦抵抗, S: 安全率(30%), N: N値, A: 刃口断面積
α: 半圧密抵抗(0.6~1.0), D_p: 鋼管外周, L: けん引延長,
β: 鋼管周面の単位摩擦抵抗 2.0t/m²{19.6kN/m²}

水平ボーリングの出来高がけん引推進精度の良否に影響することが大であるため、予め
 口径 $\phi 65\text{mm}$ のケーシングを用い 20m の位置まで削孔し、これをガイドとして口径
 $\phi 130\text{mm}$ のケーシングを用い全長 66m を削孔する二重削孔方式を採用しボーリング精度
 を高めた。この方式でトンネル $\phi 400\text{mm}$ のけん引用に4箇所、トンネル $\phi 1260\text{mm}$
 のけん引用に1箇所実施した。水平ボーリング精度は表-3のとおりである。

表-3 水平ボーリング精度

番号	長さ (m)	垂直 偏差 (mm)	水平 偏差 (mm)	口径 $\phi 400$
No.1	65.772	22	5.24	No.3 Mod (1.2)
No.2	65.772	25	6.35	
No.3	65.772	15	5.26	No.4 Mod (0.8)
No.4	65.772	11	5.21	
No.5	65.772	16	5.30	

(2) けん引推進

立坑内に推進台及びけん引設備等を設置し、ブラインド型刃
 口にPC鋼線を定着しけん引出来る状態にしてから立坑側壁
 部の破壊をした。ここに先立ち立坑前面には養生により地盤
 改良を行っていたので掘削時の湧水、地山の崩壊はなかった。
 けん引推進時の刃口の開口部は全開口(20~30%)としてけん
 引したが取込み土量は理論掘削量の95~98%であった。けん
 引推進力は図-2のとおりである。また推進勾配は図-3

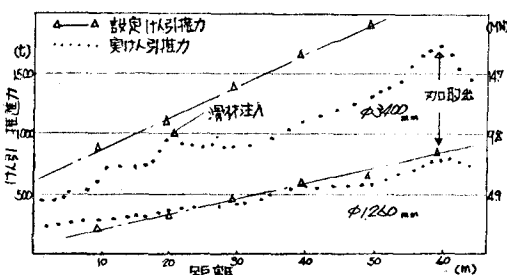


図-2 けん引推進力

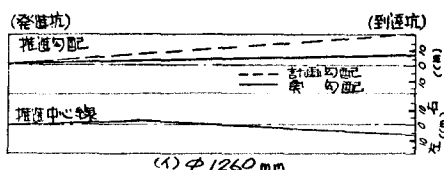
(4)、(5)のとおりである。

5. 考察

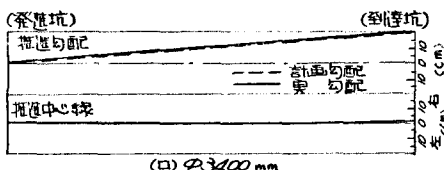
(1) けん引推進力

けん引推進力についてはけん引回数ごとに設定したけん引推進
 力と実けん引推進力とを対比させる施工管理を行なった。

トンネル $\phi 400\text{mm}$ けん引の場合は 22m 附近のけん引推進力
 から判断して最終けん引推進力が設定した 2370t を越えたと推
 定されたため刃口部より滑材注入を行い管周面摩擦抵抗を減ずる
 方法を採用した。この結果、滑材注入の効果で現地の摩擦抵抗を
 $2\sim 10\%$ 程度減少させることが出来、当初設定した値よりかなり小
 さなけん引力で施工できた。トンネル $\phi 1260\text{mm}$ けん引は
 当初完全ブラインドで計画したが、トンネル $\phi 400\text{mm}$ のけん引結果より判断して全開口(30%)でけん引した。
 この結果、実けん引推進力はほぼ当初設定した完全ブラインドとしてのけん引推進力値になったが、この理由と
 しては先行推進による圧密の影響で地盤の抵抗値が増したためであると考えられる。なお、滑材注入による摩擦抵
 抗軽減の処置は実施しなかった。



(1) $\phi 1260\text{mm}$



(2) $\phi 400\text{mm}$

図-3 推進勾配

(2) 推進勾配

推進精度を高めるため、推進 2800mm ごとに上下、左右のずれをチェックし、また修正を行いつつ施工した。
 トンネル $\phi 400\text{mm}$ はほぼ計画どおりの推進精度が得られたが、トンネル $\phi 1260\text{mm}$ はトンネル $\phi 400\text{mm}$
 と比べ精度が落ちた。この理由としては、④4箇所けん引と比べ1箇所けん引ではけん引鋼線による微少
 な調整が困難である。④先行推進したトンネル $\phi 400\text{mm}$ によって地盤が乱されたことが原因していると考え
 られる。

6. おわりに

軟弱地盤におけるトンネル築造は施工上先端部の況下や線形の歪位などに色々問題が起こるが、本工事のよう
 に、きめ細かいけん引推進力の管理、滑材注入による摩擦抵抗値軽減の処置は、一定推進ごとの検測と修正を行
 えばけん引推進工法は施工精度の高い安全な工法といえる。

また、本工事のように河底下を上下2連のけん引式鋼管推進工法で実施した例はめずらしいので、今後何人う
 か参考になるはずである。