

(株)間組技術研究所 正会員 五味道義
 “ 花谷育雄
 “ 氣仙哲夫

1. まえがき 営業線下での立体交差施工をけん引工法(フロンテジャッキング工法)により施工した。一般にフロンテジャッキング工法は粘性土地盤が適しているといわれているが、本工事の場合は滞水砂礫層を主とする地盤での施工であり困難が予想されたが、列車通行に支障を与えることなく順調に施工することができた。ここに今回用いた地下道函体けん引時の所要けん引力の算定方法と、その実測値について報告する。

2. 工事概要 本工事は幅8.2m×高5.8m×延長18mの地下道RCボックスを構築するものである。図1に示すようにあらかじめ線路両側に設置した立坑内で、それぞれ9.5m、8.5mに分割した躯体(函体)を構築したのち、線路下を横断して施工した水平ボーリング孔を通して両側の函体をけん引用ケーブル(PC鋼線)で連結して、相互けん引法により施工した。最初に東側の函体とその線路側の仮土留壁(鋼矢板)を反力体として西側の函体を線間の符合位置までけん引し、次にこの地中にある西側函体を反力体として東側函体をけん引して線間部でドッキングさせた。函体の先端にはそれぞれ鋼製の刃口(図2参照)が取り付けられており、この部分で人力により掘削を行ない、1回当り30cm前後のけん引・掘削を繰返しながら所定の位置まで函体を貫入する。両方の刃口がドッキングしたならばこの部分に場所打ちコンクリートを打設し、躯体の構築を完了した。なお施工地帯が東北本線の低い盛土区間であり、地下道躯体の土被りが約1.2mと浅いため、けん引に先立って軌道防護用のパイプーフを施工した。

3. 所要けん引力の算定 ジャッキの設備容量を決定するためにあらかじめ所要けん引力(けん引抵抗力)を計算により推定するが、今回は以下に示す方法により行なった。

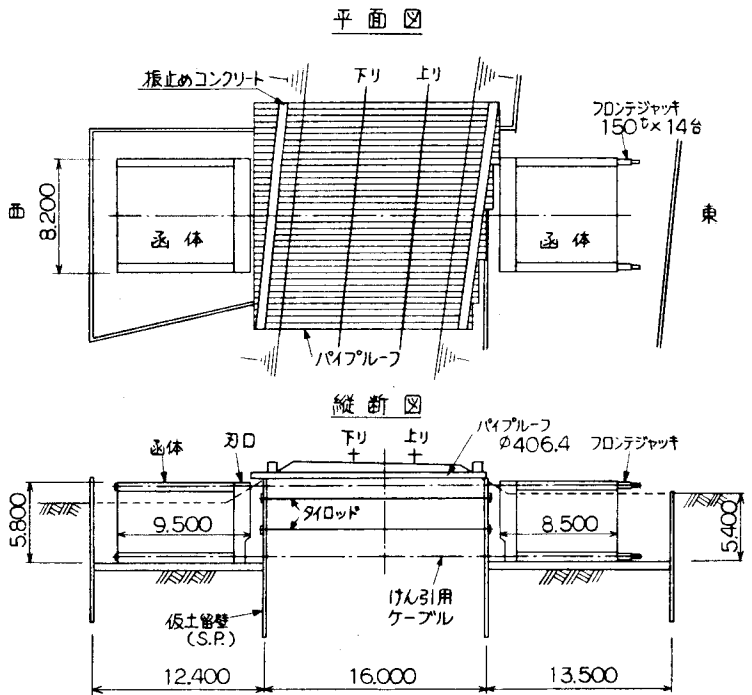


図1 施工図

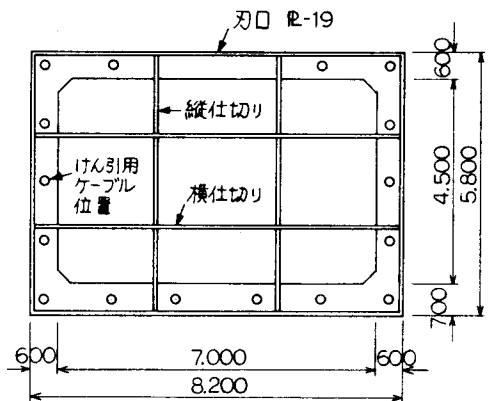


図2 函体正面図

(1)初動抵抗力(けん引開始直後の抵抗力) R_0 の計算

$R_0 = R_1 + R_2$ ここに、 R_1 : 本体自重による底面摩擦抵抗力、 R_2 : 刃先の先端貫入抵抗力

R_1 は刃口を含めた本体自重を W 、基礎コンクリートと本体底面との間の摩擦係数を μ とすると、 $R_1 = \mu \cdot W$ で表わされる。今回の場合函体は $W = 357t$ であり、また本体底面には構築時に鉄板を取付けてあるので、 μ は鋼とコンクリートの摩擦係数をとり0.5とすると、 $R_1 = 178.5t$ となった。(東側の場合も同様に求めると、 $R_1 = 158.2t$ である。 R_2 は次式により求める。

$$R_2 = (C \cdot N_c + P_0 \cdot N_p + r \cdot t \cdot N_r / 2) \cdot t \cdot L$$

ただし、 C : 土の粘着力

P_0 : 刃先付近の土被り荷重

t : 刃先の鋼板厚さ

L : 刃先の周長(仕切り含む)

N_c, N_p, N_r : 支持力係数

今回は東西共に同形状であり、 $R_2 = 471.3t$ となった。

したがって初動抵抗力は西側が $R_0 = 650t$ 、東側が $R_0 = 630t$ である。

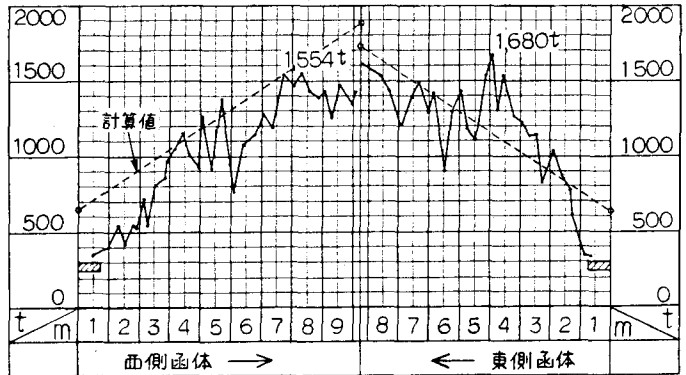


図3 けん引力(計算値と実測値)

(2)最大けん引抵抗力(けん引終了直前の抵抗力) R_{max} の計算

$R_{max} = R_2 + R_3 + R_4 + R_5$ ここに、 R_3 : 上載荷重による本体上床と土の摩擦抵抗力、 R_4 : 本体側面および底面の土による摩擦抵抗力、 R_5 : 刃口内部に取込んだ土による摩擦抵抗力

R_3 は原則として列車通過時はけん引作業を行なわないので、上載荷重 $w(t/m)$ として道床砂利・軌道材料・土荷重・パイプルーフ荷重を考慮し、土の内部摩擦角を ϕ 、函体幅を B 、土と接する函体長さを L として、 $R_3 = w \cdot \tan \phi \cdot B \cdot L$ で求める。また R_4 は函体側面の土圧を $q_1(t/m^2)$ 、函体底面の反力を $q_2(t/m^2)$ 、函体の高さを H として、 $R_4 = \{ (2H+B) \cdot C + (2q_1 \cdot H + q_2 \cdot B) \cdot \tan \phi \} \cdot L$ で求める。さらに R_5 は刃口の縦仕切りが土と接する面積を A_1 、横仕切りが土と接する面積を A_2 、横仕切りに載っている土の重量を $w_s(t/m^2)$ として、 $R_5 = A_1 \cdot C + A_2 \cdot (C + w_s \cdot \tan \phi)$ で求める。

上記各式に今回の条件を代入すると、西側函体けん引時が $R_{max} = 471.3 + 86.0 + 1278.3 + 46.9 = 1882.5t$ 、東側函体けん引時が $R_{max} = 471.3 + 76.4 + 1136.3 + 46.9 = 1730.9t$ となった。

(3)ジャッキ設備容量の決定

けん引用のフロントジャッキは1台当りの最大出力が150tであるが10%の予備能力を見込んで、135tと考えた。したがって所要台数は最大けん引抵抗力が $R_{max} = 1882.5t$ であるので、 $n = 1882.5 / 135 \approx 14$ 台とした。

4.実測値と計算値の比較 本工事におけるけん引力の実測値は図3に示す通りである。初動抵抗力が計算値より小さいのは、本体構築の際に基礎コンクリートと本体底面に取付けた鉄板の間に敷砂を施工して摩擦抵抗の低減をはかったためであり、その効果を証明するものといえよう。また東側函体を4m前後けん引した時と著しく実測値が増大しているのは、この付近に単線時代の石積み跡があり、石炭がうなど埋めであったため特に先端抵抗力が増大したためと思われる。その他の部分では計算値と実測値は比較的近似しているといえる。したがって特殊な埋設物等のない均一な地盤である場合には上記の計算方法により求めた最大抵抗力に対し、2~3割の余裕を見込んでジャッキ容量を決定すれば、過大な設備を行わずに施工できるものと思われる。

5.あとがき けん引作業は非常にスムーズで、1回30cm当りのけん引に要した時間は平均15分程度であった。施工精度を向上させるためのけん引方法、ジャッキの配置などについての考察は別の機会に報告する予定である。