

## V—20

## 軟弱地盤におけるフロンテジャッキング工法（岩見沢西架道橋）

国鉄・札幌工務局 石田美樹雄  
由 利 由 三  
○柴田 幸広

はじめに

函館、室蘭両本線を南北に横断する道々美町達布岩見沢線（街路名アカシア通）は、国鉄岩見沢駅構内の西側に位置し、本線路の間に南側市街地区と北側鉄北地区を結ぶ主要な幹線道路である。交差部となる岩見沢西踏切（函館本線 327km109m25、第一種手動、幅員 7.4m）は、踏切交通量約 71,200 台時/日、踏切しゃ断時分約 1040 分と極めて多く、「あかすの踏切」として通行に支障をきたしており、この不便を解消するため、立体交差化工事を計画施行した。交差方式は、地域の環境問題、地元住民の要望等から技術的検討の結果、「アンダーパス方式」に決定し、軟弱地盤における営業線直下の施工について運転保安上の配慮等種々検討の結果、フロンテジャッキング工法を採用し設計施工した。

国鉄交差部工事は昭和 53 年 3 月に着工し、架道橋は同 57 年 11 月使用開始した。

## 1. 設計概要

## 1. 架道橋の構造

構造形式 鉄筋コンクリート箱形ラーメン

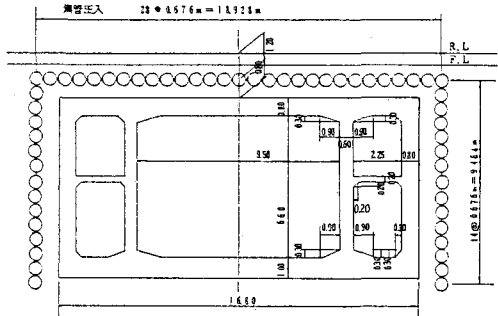
基礎 直接基礎

幅員 車道部 9.50m, 歩道部（両側）2.25m

函体形状 外形 幅 16.80m, 高さ 8.40m

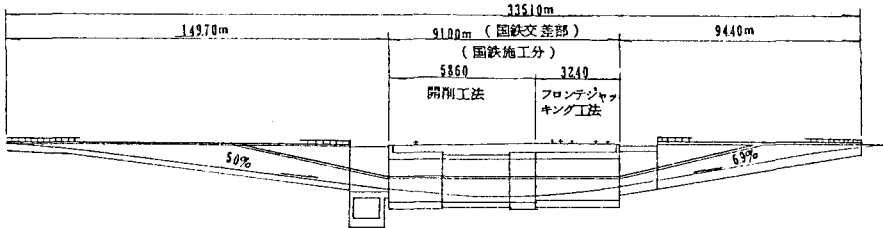
延長 総延長 91.00m

（フロンテジャッキング工法延長 32.40m）



側面図

図-1 断面図



平面図

旭川方

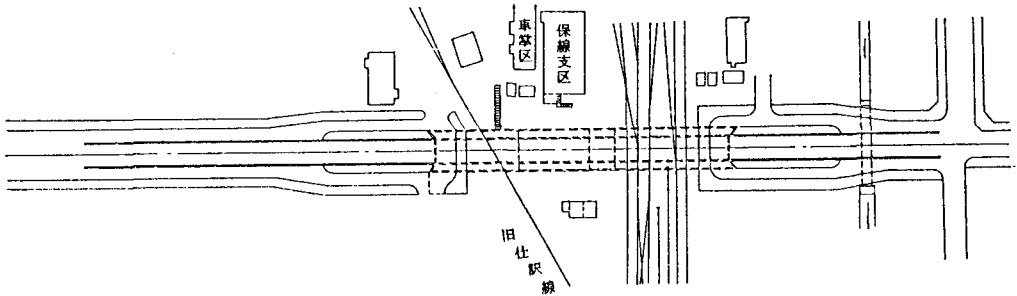


図-2

札幌方

## 2. 地質概要

岩見沢駅周辺の地質は、石狩川の氾濫堆積物が分布し、地表面下約 1.5m は沖積粘性土で覆われ、この下層に洪積粘性土が続き、全般に有機質レンズ状の腐植土層を介在して基礎地盤としては問題が多い。架道橋函体の基礎底面の位置は、この軟弱な沖積層（N 値 0～5）にあたり、特に上層部 3.0m は自然含水比  $W_o = 120\%$  以上と、極めて軟弱であり、腐植土が多い。また、この粘性土及び腐植土は、GL-60m 以深まで続いており、地下水位は RL-1.3m 付近にある。

土質試験結果は次の通りである。

自然含水比 40～60%

(上位3.0mは120%以上)

鋭敏比 4～6

一軸圧縮強さ 0.35～0.57 kg/cm<sup>2</sup>

透水係数  $8 \times 10^{-7}$  m/sec

湿潤単位体積重量 1.75 t/m<sup>3</sup>

粒度組成 粘土分 35～85%

シルト分 15～70%

砂分 0

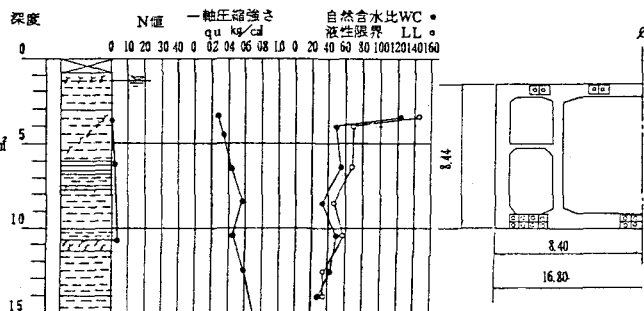


図-3 地質図

### 3. 施工法の選定

工法の選定にあたっては、

(イ) 上部の本線分岐器その他軌道への影響を極力抑えること。

(ロ) 工事に伴う列車徐行の期間が短いこと。

(ハ) 土被りが軌道面から0.90mの条件で、列車運行に支障をきたさないこと。

(ニ) 列車の入換え、通過頻度が非常に高いため、列車間合を利用するの線路内作業は、ほとんど不可能であること。(列車回数 342回/日)

(ホ) 地質が極めて軟弱であること。

以上の施工条件を満足する施工法を種々検討の結果、フロンテジャッキング工法を採用した。

フロンテジャッキング工法のけん引方法は、相互けん引と片側けん引があり、今回はけん引延長も

31.4mと長く、函体断面も大きく、函体を4分割にしてけん引する相互4分割けん引工法で施工した。

### 4. 設計諸元

土被り RLより鋼管天端まで0.9m(函体天端までは2.0m)

けん引長 31.4m

軌道防護工 パイプルーフ  $\ell=32.0\text{m}$  ( $\phi 609.6\text{mm}$   $t=9.0\text{mm}$ ), 水平部29本, 垂直部14本

発進基地 北側 長さ23.7m×幅20.3m×深さ10.6m

南側 長さ31.1m×幅20.3m×深さ10.6m

ガイド導坑 断面(馬蹄形)4.1m<sup>2</sup>×長さ31.4m, 3箇所

けん引工 フロンテジャッキ 32台(能力 150t/台)

PC鋼線 32組 (8T $\phi 15.2$ )

推進けん引抵抗 4700t

## II. 施工概要

### 1. 線路防護用パイプルーフ

パイプルーフは、鋼管( $\phi 609.6$ ,  $t=9.0\text{mm}$ ,  $\ell=32.0\text{m}$ )を水平部29本、垂直部左右各14本を、北側発進基地坑より片押しで施工した。水平部の鋼管天端はRLより約90cm下にあり、軌道への影響が多分にあると予想されたため、土中支障物のてっ去、軌道観測、圧入時の一部先掘りにより慎重に施工した。圧入は中央より実施し、左右に2台の圧入機で推進させた。鉛直部の施工は発進立坑を上部から下部に順次施工した。しかし、機械本体の移動時に切梁盛換えが必要となり、多くの時間を費した。また、切梁盛換え時には土留工の変状に十分に注意をした。(図-4)

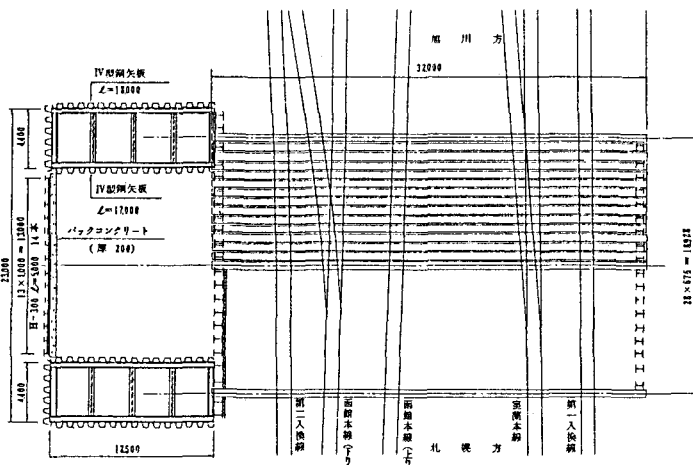


図-4 鋼管圧入立坑平面図

## 2. 基地坑

### 1) 地盤改良

#### イ) 生石灰パイル(ケミコパイル)

開削部(発進基地立坑を兼ねる)の掘削にあたってはヒービング防止、基礎地盤強化等の目的で生石灰パイル工法を用いた。この工法はケミコライム(又は生石灰)を土中に杭状に打設し、地盤の改良を図る工法である。生石灰パイルの設計はヒービングによるスベリ面を想定して決定した。現地地盤の安全率は0.85よりなく、 $F_s=1.2$ より低いため、粘着力をあげるためパイル径40cm、ピッチ1.20mとした。しかし、ケミコパイルケーシングφ400の挿入による土の圧密及びケミコライムの膨張圧により、近接構造物及び線路(旧仕訳線)に地盤隆起、側方移動等の地盤変状が見られた。影響範囲としては、水平移動が杭より1mの所で94mm、5mで18mm、10mで3mm、地盤の隆起に対しては1mで94mm、5mで19mm、10mで3mmと水平移動の量と大差はなかった。

なお生石灰パイルは次の通りである。

- i) 山留内側 さつ孔長 17.0m 実長 8.0m(上部9.0mは砂を挿入)
- ii) 山留外側 さつ孔長 17.0m 実長 17.0m

#### ロ) 地盤改良(C. C. P)

当初、発進基地立坑を生石灰パイル工法で地盤改良する計画であったが、i) 生石灰パイルで述べたような範囲に渡って地盤変状が起きるため、変状量の少ない工法を種々検討した結果、C. C. P工法で施工した。この工法は注入管先端に取付けたノズルを介して、薬剤(今回は硬化剤3号を使用)を高圧にて地山に噴射し、ジェットの破壊力により地山を強制的に切削し、さらに回転を与えることにより、切削された地山と薬剤が攪固結し、注入管を引上げていくことより、円柱状の改良体を作成し地盤改良を行う工法である。

(図-5)

### 2) 仮土留工

発進基地立坑の仮土留工は、線路側はH-400×400×13×21,  $\ell=20\sim22$ mを1.0mピッチでタイロットにより、両側は、地質が軟弱のため場所打モルタル杭(PIP工法)H-488×300×11×18,  $\ell=18$ m,  $\phi 700$ mmを千鳥により施工した。

## 3. ガイド導坑

ガイド導坑は、函体底部の地質の確認、けん引の施工精度の向上、けん引用PC鋼線の設置を目的とし、函体底版の中央と左右両端部の位置に設けた。導坑は、南側発進基地より掘削し、外側(岩見沢方)1箇所を施工し、進行状況により地質、路盤変状の有無確認後次の坑口へと移行していった。掘削は人力とし、排土は電動モーターベルトコンベアーにて排出し、換気はポータブルファン1台を設置し強制換気を行い、縫地工法により施工した。馬蹄形支保工(H-125×125)の建込みは100cm間隔で施工した。

## 4. 函体けん引

函体を4分割にしてフロンテジャッキング工法により行なった。

### 1) けん引力の算定

$$B \text{ 函体 } T = (R1 + R2) \cdot (1 + \alpha)$$

$$= 4700 \text{ t}$$

フロンテジャッキング台数

$$N = 4700 / 150 = 32 \text{ 台}$$

但し T: けん引力

R1: 刃口の貫入抵抗(1950t)

R2: 函体の周辺摩擦抵抗(1180t)

$\alpha$ : 安全率

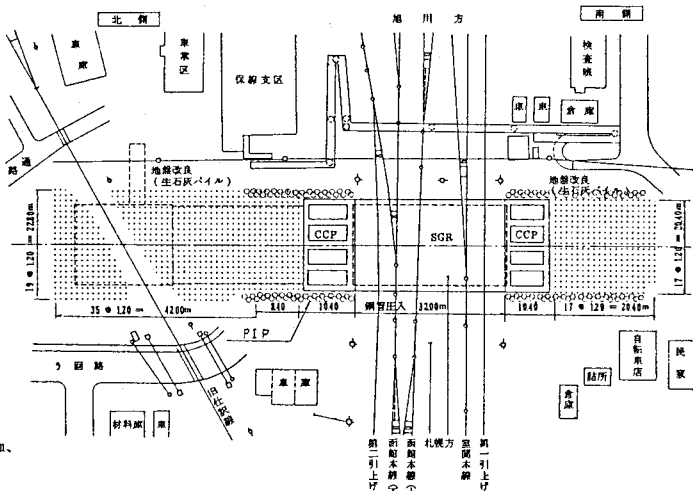
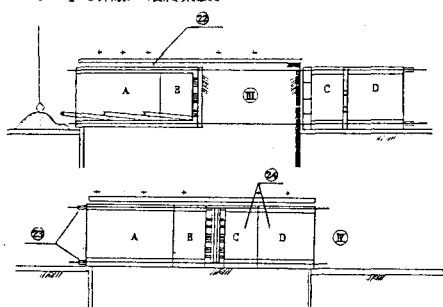
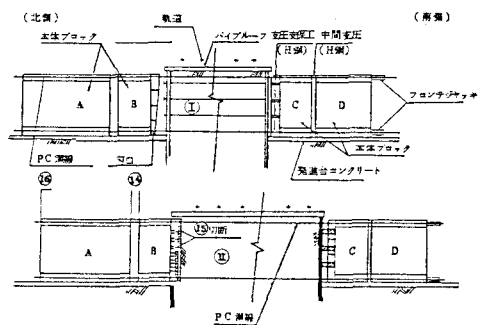


図-5 地盤改良

## 2) 施工手順

- ① A～Dブロックを製作し、C,Dブロックの間に中間支柱（H鋼）をかます。
- ② CブロックよりH鋼（支柱支保工）にて前面の土留を行う。
- ③ Dブロック定着具固定。
- ④ Bブロックを前面土留けん引。
- ⑤ Aブロックけん引。
- ⑥ Dブロックのフロンテジャッキを戻す。
- ⑦ フェースジャッキにて前面土留を行う（北側）
- ⑧ 刃口にそって前面土留を切断（北側）
- ⑨ Bブロック刃口前面土留貫入
- ⑩ 切断したH鋼を木矢板に交換する。
- ⑪ 前面土留用P.C鋼線撤去
- ⑫ Aブロックけん引。
- ⑬ ⑥と同様、Dブロックのフロンテジャッキを戻す。
- ⑭ Bブロックけん引。
- ⑮ 掘削切羽をフェースジャッキにて押える。
- ⑯ Aブロックけん引。
- ⑰ ⑬～⑯と同作業においてけん引。
- ⑱ Dブロックのフロンテジャッキを戻す。
- ⑲ Bブロックけん引。
- ⑳ Bブロック定着具を開放。
- ㉑ Aブロック定着具を定着。
- ㉒ ⑬～㉑と同作業にて所定位置までけん引。
- ㉓ フロンテジャッキをAブロックに付け変える。
- ㉔ C,Dブロック同作業にて所定位置までけん引。
- ㉕ フロンテジャッキ切羽土留工撤去。
- ㉖ 刃口内コンクリート打設。
- ㉗ P.C鋼線の最終緊張。



## 3) けん引設備

### 1) 刃口及びフェースジャッキ

刃口内を20ブロックに分割し切羽断面を小さくし、フェースジャッキにより、掘削の安定を図る。

フェースジャッキ台数 70台

●ジャッキ仕様

|         |                       |
|---------|-----------------------|
| 出力      | 30 t                  |
| ストローク   | 400mm                 |
| 油圧      | 500kg/cm <sup>2</sup> |
| 重量      | 50kg                  |
| 機械長     | 700mm                 |
| シリンダー外径 | 120mm                 |
| 備 考     | ユニバーサル付               |

### 2) フロンテジャッキとP.C鋼より線

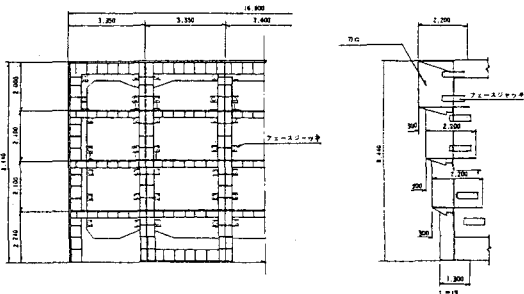
けん引能力は3,200 t 安全率 1.5 方向修正のため最大けん引能力を4,700 t とする。

フロンテジャッキ台数 32台

フロンテジャッキ仕様

|         |                       |
|---------|-----------------------|
| 出力      | 150 t                 |
| ストローク   | 850mm                 |
| 油圧      | 433kg/cm <sup>2</sup> |
| 重量      | 1,200kg               |
| 機械長     | 1,400mm               |
| シリンダー外径 | 400mm                 |
| 備 考     | センターロール径 130mm        |

### 刃口及びフェースジャッキ



### ●P.C鋼線(8T15.2)

| 品 名     | 規格        | 断面積     | 重量    | 引張強度    | 腐蝕点     | 許引張強度   | 容  |
|---------|-----------|---------|-------|---------|---------|---------|----|
| P.C鋼より線 | 15.2mm-8本 | 1,109.6 | 8,808 | 212,300 | 180,800 | 160,000 | kg |

## Ⅲ. 施工中における問題点と対策

### 1. パイプルーフの沈下

本線軌道を防護し、列車運転保安上支障のない作業を進めるためパイプルーフを施工したが、パイプ挿入後面側発進立坑掘削により徐々に沈下し、導坑掘削後、中央付近で最大453mmに及ぶ状態となり、函体けん引工事が難しくなった。特にけん引施工は冬期間であり、上部を通過する列車回数も342本/日と多く、パイプルーフの挙動によっては、路盤等に重大な影響を及ぼすため、線路の監視、補修を適切に行なった。

## 2. パイプルーフの沈下特徴と原因

沈下特徴は次の通りである。

- 1) 導坑の掘削により沈下傾向が増大している。
- 2) 発進立坑の掘削開始後における沈下が著しい。

以上の原因は概ね次のとおり推定される。

- 1) 導坑掘削による余掘りや、支保工の沈下に伴う軟弱粘性土の沈下。
- 2) 立坑掘削に伴う腐植土、軟弱粘性層の圧密沈下。
- 3) 両側立坑の仮土留工の変形に伴う沈下。
- 4) 支障物で去後の埋戻土の締固め不十分による沈下。
- 5) パイプルーフ圧入時における障害物除却等による余掘り、及び周辺の乱れによる沈下。
- 6) パイプルーフ圧入後パイプ周辺の雨水滞留に列車振動も影響し、パイプ下軟弱粘性土が過飽和状態となり、支持力が著しく低下した。

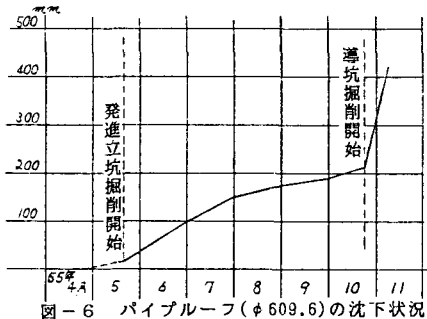


図-6 パイプルーフ(φ609.6)の沈下状況

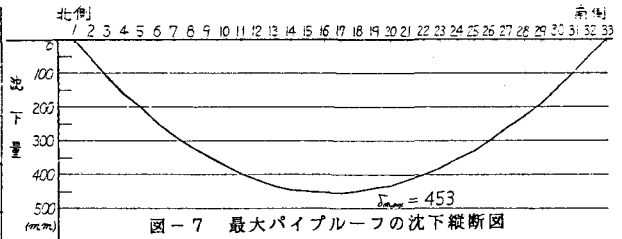


図-7 最大パイプルーフの沈下縦断面図

## 3. パイプルーフの沈下対策

### 1) パイプルーフ補強(2重管)

けん引函体とパイプルーフが接触する部分に、更に鋼管を挿入して2重管構造にし、外側の鋼管が切断されても補強鋼管によって維持されるようにした。

(図-8)

### 2) 薬液注入による地盤改良

地表面下3.0mは特に軟弱のため、この部分を地盤改良して函体けん引時の切羽自立の安定を図るため、薬液注入を施工した。薬液注入は対象地盤の強度を均一に改良できることと、土被りが少ないので線路への影響

が少ない等の条件を考慮して選定した結果、2重管、低圧注入工法のSGR工法により施工した。

グラウトはSGR-5, 6号を使用し、注入率は約36%で実施したが効果は十分であった。

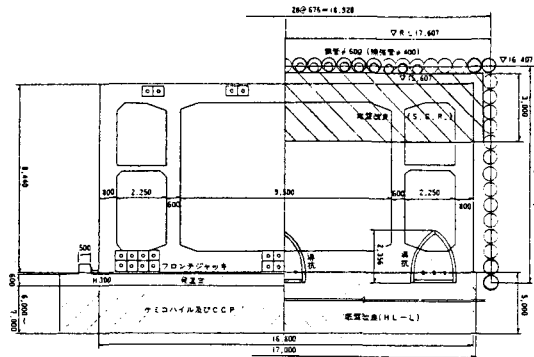


図-8 パイプルーフの沈下対策

## あとがき

軟弱地盤におけるフロンテジャッキング工法は、多種目にわたる技術的な問題点を提起し、種々検討を重ねた結果採用に踏み切ったが、特に本工事の前段における施工技術の焦点ともなったパイプルーフの沈下については、軟弱地盤層での施工として、ある程度の想定はされていたものの、その異常性については予知せざるものであり今後の施工計画においては、薬液注入の適切な施工も合わせ考慮する必要がある、より経済的で安全度の高い施工について、なお一考を要すると思われる。

本工事の推進にあたり、関係各位の各部門にわたる技術指導、並びに、ご協力に対しまして、ここに深く感謝の意を表する次第です。