

鉄道構造物構築におけるハーモニカ工法の施工実績

～狭隘・鉄道近接、地下水位下、軟弱地盤中での施工～

大成建設(株) 正会員 上坂 龍平
大成建設(株) 正会員 ○坂巻 直紀
大成建設(株) 正会員 宮本 優一

1. はじめに

ハーモニカ工法はこれまで、6 件の施工事例があり、これまで交通量の多い交差点、軌道下横断等様々な条件下で施工がされてきた。今回、鉄道の立体交差工事において、狭隘な施工エリア、鉄道近接(掘進方向は軌道と並行)、さらに地上から施工が不可能(建築物直下)、軟弱地盤という条件の下、地下構造物を構築するための解決策として「ハーモニカ工法」を採用、近接する建築物や道路・鉄道の周辺環境や埋設物に影響を与えず、無事施工が完了したので、施工実績について報告する。

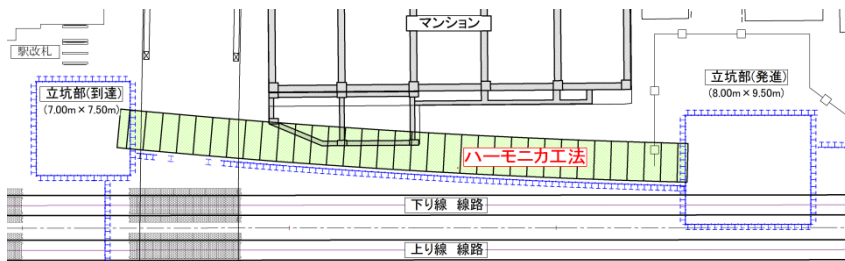


図-1 平面図

2. 工事概要

当工事は、共用中の線路直下で地下化後に電車が通る幅約 10.6m×高さ 7.8m のボックスカルバートを構築するものである。移設・撤去が出来ない既存建築物の下に計画されており、非開削工法で施工する必要があった。躯体の一部の構築に非開削工法、中でも曲線施工が可能な「ハーモニカ工法」を採用した(図-1)。躯体の形状から縦 3.1m×横 2.9m の矩形のトンネルを 1 列 3 段で施工(下段:B1→中段:M1→上段:U1 の順)、トンネル内部の躯体構築後に開削側との接続を行う計画である(図-2)。またハーモニカマシンを写真-1 に示す。

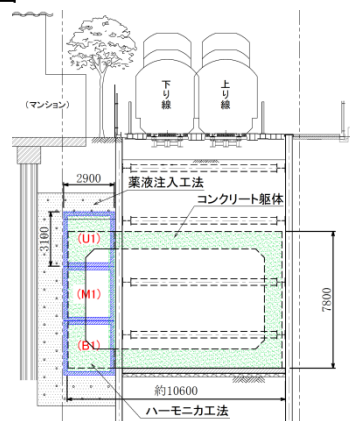


図-2 横断面図

3. 狭隘・鉄道近接条件下での施工

鉄道に近接した狭隘な施工エリアのため、発進立坑周辺に設備等を設置する十分な空間が無く、開削工事用の工事桁で受替えた線路下を掘削、その空間を油圧ユニット・後続台車・プラントの設置場所として利用した。また発進立坑には工事車両がアクセス出来る道路が無く、全て線路の反対側から終電後に資材を搬入出し、昼間は夜間搬入した資材にて施工を行った。また掘削土の搬出に関しては、土砂ピットを 150m 離れた工事ヤードに設置し、発進立坑から圧送した。

4. 地下水位下の施工

地下水位は GL-約 1.5m の深さにあり、GL-約 15.0m 最下段のハーモニカ推進時は、水圧 0.135Mpa の圧力が作用する。これに対し、①ハーモニカ推進周辺への事前の薬液注入工法の施工、②鋼殻(セグメント)のリング間・ピース間には加硫ゴム系水膨張シール材と一液性水膨張弾性シール材塗布の二重の止水対策、③スキンプレート厚の増(+2 mm)、④函体間接続継手部へ特殊ベントナイト系の止水材の充填等、の対策を講じ鋼殻接続部からの漏水、将来のトンネル接続時の漏水を防止した。推進の施工を終えた現時点では、鋼殻接続部からの漏水も全くなく施工を完了、今後の内部躯体構築作業に最善な施工環境とすることが出来た(写真-2)。



写真-1 ハーモニカマシン



写真-2 掘進完了後の坑内

キーワード 大断面分割シールド工法、ハーモニカ工法、鉄道近接、狭隘、地下水位下、軟弱地盤

連絡先 大成建設株式会社横浜支店 〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい 3-6-3MM パークビル TEL045-227-5934

5. 軟弱地盤中の線形管理、地表面沈下対策

今回の対象地盤は上段が N 値=7の沖積層砂質土、中・下段が N 値=2 の沖積層粘性土の軟弱地盤である(図-3)。また粘性土層(Am2)は、粘着力こそ $C=40(\text{kN/m}^2)$ と高いが鋭敏比が高く、一旦乱すとトロトロの泥となり支持力を失うという特徴をもっている。ハーモニカ工法は、最初の函体の線形が後続函体の線形を決定し、特に慎重に線形管理を行う

必要がある。今回は縦 3 段に積み重ねることもあり、発進時のマシンの落込み(ノーズダウン)が大きな課題として懸念された。これに対し、①マシンの直後の鋼殻(セグメント)に相当重量を持つウエイトの設置・撤去による、全体重心のコントロール(写真-3)、②発進高さを設計高より 20 mm 上に設定し、③リアルタイムで常に測量を行う自動測量システム(「ロボテック測量システム」)の採用等、の対策を講じて発進時・掘進中の線形管理を行った。その結果、ノーズダウンはほぼゼロで発進することが出来、線形確保につながることが出来た。自動測量システムはマシンの位置を常時確認・把握することが出来、線形の逸脱傾向を早く把握し、こまめな位置修正が可能となり、高精度の線形の出来形につながった。また掘進の影響として駅改札前道路の沈下、建築物基礎の変移、線路の沈下・隆起が懸念され、①建築物基礎への部分仮受け補強、②道路下の地盤改良補強、を対策として行った。線路は工事の工程上、事前に工事桁で受け替えてある。地表面沈下の監視として、地表(道路)面・建築物・線路のそれぞれに測点を設け、こちらも自動測量による 24 時間の計測を行い、その挙動に異常がないか監視を行った。掘進完了後の計測結果では道路面、建築物の沈下が 2 mm~15 mm(全平均 7.5 mm)、線路の挙動は 1 mm 未満であり、影響なく施工を完了した。

6. 施工結果

方向修正はマシン中折れ装置を用い、数リング先の先行(下の段の)函体の出来形をみて掘進、リアルタイムの測量で早めに傾向を捉えることで変位量の抑制につながった。ハーモニカ工法による掘進の出来形(水平、鉛直方向)を図-4、5 に示す。いずれも管理値 $\pm 50 \text{ mm}$ に対して $\pm 35 \text{ mm}$ 以内に収まり、これまでにない非常に良好な線形を確保し、沈下・隆起等の周辺環境への大きな影響も与えず施工を終えた。立坑からの発進時にマシンの姿勢が安定しない傾向があり、線形のぶれに繋がる。また架台の左右振れ止め固定材などがさらに工夫し、強固であれば、初期掘進時の変位量をより抑えられ、さらなる変位量の抑制が出来たと考えられる。掘進速度は毎分 30mm 以下、鋼殻などの搬入が夜間に限られる中、最大 4R/日の進捗を確保し、ロス無く施工を終えた。また 1 函体(延長 42m)の発進から到達では約 3 週間、マシンの組立解体から上の段への設備撤去・

再設置は約 4 週間であり、合計 2 か月/函体のサイクルであった。

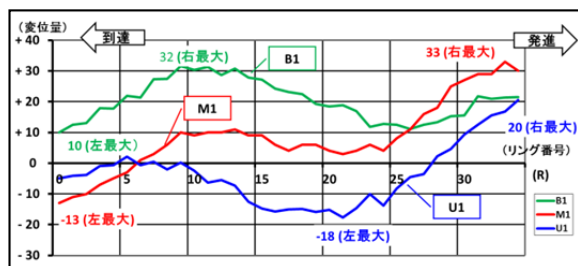


図-4 鋼殻出来形(水平)

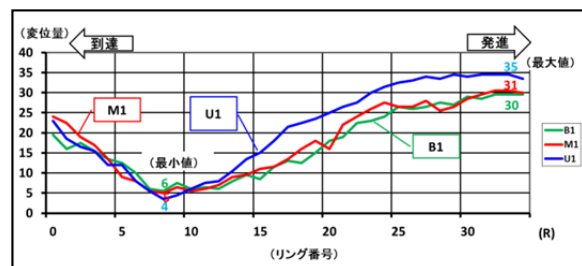


図-5 鋼殻出来形(鉛直)

7. おわりに

ハーモニカ工法は今回の工事で 7 例目の適用工事であり、現在施工中の工事が 2 件と着実に実績を積み重ねている。今回の「狹隘」「鉄道近接」「構造物直下」「軟弱地盤」という施工条件の下、無事に施工を終えたこと、さらに今回は構造物の一部をハーモニカ工法で施工するため、今後の躯体構築を含めた施工実績が加わることで、ハーモニカ工法の適用可能性が大きく広がり、汎用性が高まったと言える。これからもさらに色々な条件での施工を行い、厳しい環境下で特長を発揮する工法として、広範に適用されることを期待する。

参考文献

- 1) 宮地他:ハーモニカ工法によるアンダーパス施工 平成 23 年度第 66 回年次学術講演会 VI-027