

鉄道橋りょうにおけるコルゲートメタルカルバートの適用について（その1）

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○後藤 優典
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 倉上 由貴
 西日本旅客鉄道株式会社 非会員 稲熊 祐介

1. はじめに

山陽本線向洋駅付近では鉄道の高架化工事を行っており、現在は既設線路に隣接して仮線構造物を構築している。当該箇所では、用水路（幅 800 mm 程度）が線路を横断しており、仮線供用時において、橋りょう等の設備が必要となる。このような小規模な水路においても、構造はボックスカルバートもしくは桁構造の橋りょうを一般に採用しており、特に地盤が悪い場合、下部工は杭基礎など比較的大きな構造が必要となる。

橋りょう構造として、当初はボックスカルバート、もしくはパイルベント基礎を用いた桁構造を考えていた。しかしながら、当該構造物は仮線構造物のため、将来撤去が必要であり、いずれの構造にした場合でも撤去工事が困難となる。また、当該地区の地盤は軟弱であることから、パイルベント基礎の場合、支持杭の長さが 30m 以上必要となり、大規模な構造物となる。そこで、現地施工量が少なく、軽量で簡易な基礎構造であるため、将来撤去も比較的容易となるコルゲートパイプを用いた橋りょう構造を採用した。本研究では、本構造の妥当性を検証するため、本施工の前段で実施した実物大の試験施工について、（その2）ではFEM解析等による試験施工との比較について報告する。

2. コルゲートメタルカルバートの概要

コルゲートメタルカルバート（以下、コルゲート）は波付けを施した薄い鋼板で構成され、円形断面のコルゲートのパイプに代表されるように、水路や通路の暗渠として活用の多い設備である（図-1）。特徴は、変形を許容しない剛なコンクリート構造物とは異なり、「たわみを活用する」という点であり、周辺地盤に追随した変形を許容する構造物である。道路下に設置した事例はあるものの、鉄道では少なく、他社において災害復旧工事での採用はあるが、弊社における事例はない。そのため、本構造が設計で想定している挙動を示すかを確認するため、試験施工を実施した。

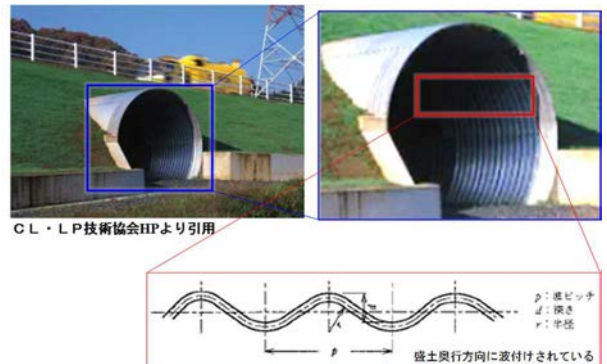


図-1 コルゲートパイプ

3. コルゲートの設計

コルゲートの設計はコルゲートメタルカルバート・マニュアル¹⁾に、コルゲートを固定する基礎等の設計は鉄道基準に準拠することとした。形状はアーチ形とした（図-2）。なお、コルゲートのたわみの許容限度は同マニュアルによらず、より条件の厳しい、鉄道基準の走行安全性等から 3mm と設定した。また、コルゲートの力学的特性として、鉛直荷重を受けた際、鉛直方向に沈下するとともに、水平方向に広がる挙動を示し、土の反力を受けることで構造的に安定する。つまり、背面土の地盤反力を期待して成立するため、コルゲート周辺部の入念な締固めが重要であり、今回は、鉄道橋台背面のアプローチブロックと同様の品質を設定した。

4. 試験施工

試験施工では、実構造物と同スケールの試験体をヤード内に構築し（図-2）、次の項目を確認した。

- ①コルゲート周辺部の締固め度
- ②載荷試験によるコルゲートの挙動（鉛直・水平変位等）

キーワード 鉄道, アーチ形, コルゲートメタルカルバート, 試験施工

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 4F TEL 06-6100-0046

①については、裏込め土の品質管理として、粒度調整砕石 (M30) で一層の仕上がり厚さを 0.15m 以下とし、平板載荷試験による K_{30} 値を $150\text{MN}/\text{m}^3$ 以上かつ締固め密度比 $D_c=95\%$ 以上とした。②については、荷重条件として、列車荷重 (EA-17) を想定し、動的載荷試験と静的載荷試験の 2 パターンを実施した。動的載荷ではダンプトラック (約 20 t) を繰り返し走行させ (写真-1)、静的載荷では、より局所的に荷重が伝わるように、裏込め土上にマクラギを 3 本を設置し、その上に重り (約 20 t) を載荷させた。

5. 試験結果

(1) 締固め密度比, 平板載荷試験

密度試験は、図-2 のとおり、深さ方向約 30 cm 間隔で実施した。締固め密度比は、95.9~97.2% であり、アーチ位置による差はほとんど見られなかった。裏込め土の K_{30} 値は、 $184\sim 196\text{kN}/\text{m}^3$ であった。以上から、今回設定した品質管理条件で施工が可能であることを確認した。

(2) 載荷試験

動的載荷では、ダンプの車輪の通過にあわせて、鉛直・水平方向ともに変形と復元を繰り返し、変形量は鉛直 0.3 mm、水平 0.2mm 程度であった (図-3)。また、図-4 に、静的載荷における、頂部の土圧と変形量の関係を示す。局所的に荷重を与えたため、動的載荷と比べて約 3 倍の土圧が生じ、最大で 1.0mm 程度の変形量となった。1 回目の載荷では残留変位が生じたが、その後は、作用した応力と変形量が線形関係であることを確認した。変形量の妥当性としては、頂部において、設計上の許容値 3mm、EA-17 載荷時のフレーム解析による最大応答値 1.5mm と比較して、十分小さいことを確認した。

また、コルゲートの表・裏に設置したひずみゲージから、断面力としては曲げモーメントが生じており (例えば頂部では、表: 圧縮, 裏: 引張り)、フレーム解析の結果と同様の傾向であることを確認した。

6. まとめ

コルゲートメタルカルバートを仮線供用時の橋りょうとして選定し、試験施工を実施した。載荷試験により、弾性挙動を示すこと、たわみ量が設計値以下であること等から、構造の妥当性を確認した。今後は、実構造物にて列車が載荷した場合の計測管理、数値解析等の検証を行い、施工性・経済性を期待できる構造として検討を深度化し、本設構造や災害復旧等に展開していきたい。

謝辞

本検討を進めるにあたり、(公財) 鉄道総合技術研究所、広成建設株式会社、日鉄建材株式会社に多大なるご協力を頂いた。ここに記して深く謝意を表す。

参考文献

- 1) 地盤工学会: コルゲートメタルカルバート・マニュアル 第三回改訂版, H10.3.

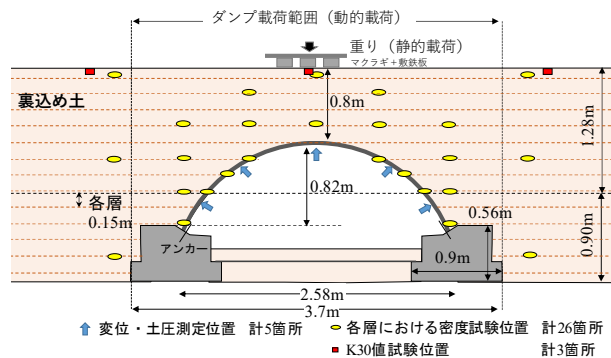


図-2 試験施工概略図



写真-1 試験施工の様子 (動的載荷)

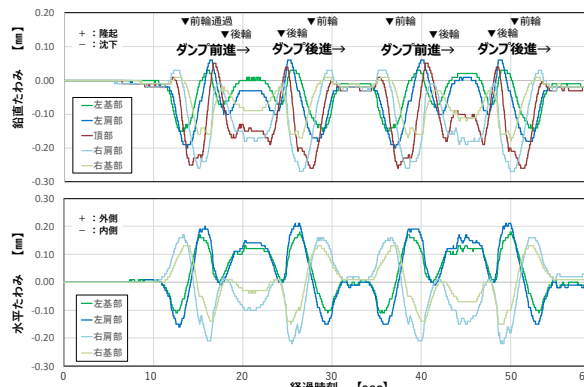


図-3 水平・鉛直たわみ (動的載荷)

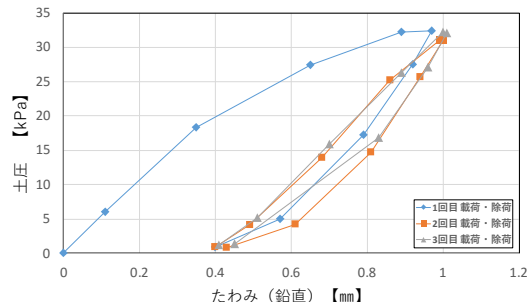


図-4 頂部の土圧-たわみ (静的載荷)