

## 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2）

ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○谷口 沙耶佳  
ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社 正会員 野村 顕

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 後藤 優典

**1. はじめに：**高架化工事の仮線設計において、鉄道下横断用水路の設計を行った。前稿の「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）」（以下、（その1））では、コルゲートの採用の経緯および試験施工等を報告した。設置したコルゲート（仮設構造物）の状況を写真-1に示す。本稿では、仮設構造物として、コルゲートを用いた小規模橋りょうの詳細設計を行い、試験施工結果をFEM解析により再現したので、その概要について報告する。

**2. コルゲートの詳細設計：**コルゲートを設計するにあたり、コルゲートメタルカルバート・マニュアル<sup>1)</sup>（以下、マニュアル）に準ずることとした。マニュアルに記載されている図-1の設計手順に沿って設計を実施するが、マニュアルと鉄道基準<sup>2)</sup>とで異なる許容値については、安全側の値の採用および鉄道特有の設計条件を考慮し、設計を実施することとした。コルゲートの橋りょう一般図を図-3に示す。

### (1) 鉄道構造物としての設計条件および許容値の設定

本設計の実施にあたり、整理した主な内容は以下の通りである。その他の設計条件は表-2に示す。

①コルゲート頂部の許容変位の設定：鉄道事業者で定めている軌道管理値<sup>3)</sup>と鉄道構造物の変位制限値を比較し、厳しい値となる許容値3mmに設定した。本設計では、軌道に対する許容値をコルゲート頂部の変位と考え検討を行った。

②主働土圧係数の設定：本構造物のアーチ部上に埋め戻す材料に鉄道基準<sup>4)</sup>で定められている地盤定数（表-1）を採用し、常時における主働土圧係数0.46を算出した。

### (2) 設計結果

(1)の条件に基づいて詳細設計を実施した上部工と下部工の結果を以下に示す。

①上部工：コルゲート頂部の鉛直変位は、列車荷重を考慮したフレーム解析において、最大1.52mmとなり、許容値として

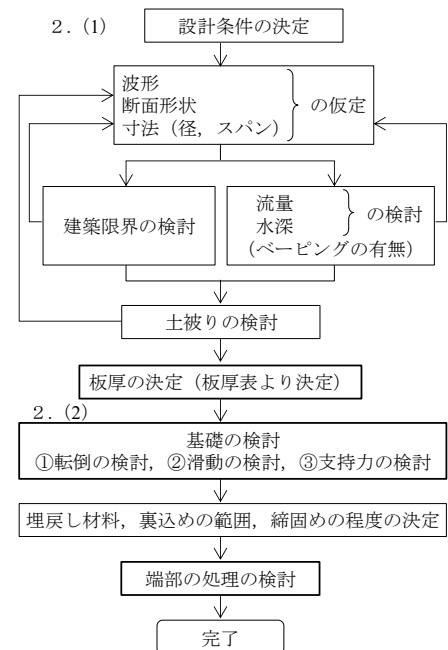


図-1 コルゲート（アーチ形）の設計

表-1 裏込め材料の土質定数

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (度)	土圧係数
19	3	35	クーロン土圧

表-2 設計条件

アーチ部（列車載荷）	
形状寸法	スパン 2573mm×ライズ 848mm×厚 5.3mm
土かぶり	$h_c=0.800m$
裏込め材料	単位体積重量 $\gamma_0=19.0kN/m^3$ 主働土圧係数 $K=0.46$ 土の変形係数 $E=0.74kN/cm^2$
活荷重	列車荷重（EA-17）複々線
応力度	2形コルゲートセクション（SS330） 引張・圧縮 $\sigma_a=120N/mm^2$ アンカーボルト（SS400） せん断 $\tau_a=60.0N/mm^2$

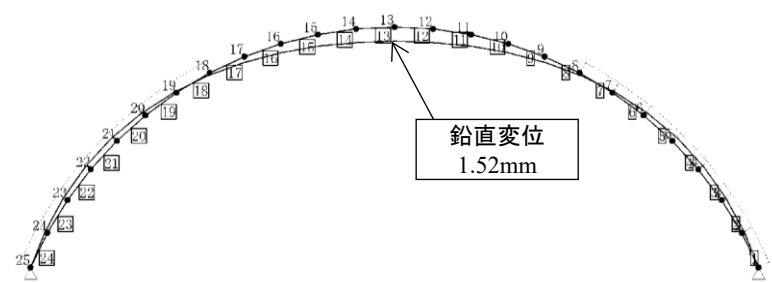


図-2 フレーム解析の変位図

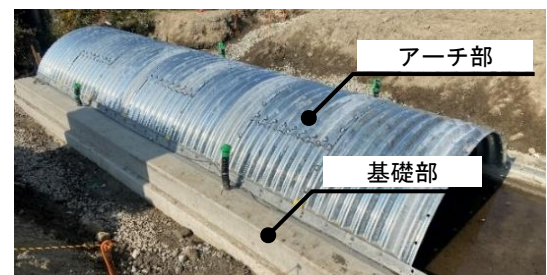


写真-1 コルゲートの設置状況

キーワード 鉄道、アーチ形、コルゲートメタルカルバート、FEM解析

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-4-20 中央ビル8F ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) TEL06-6303-1452

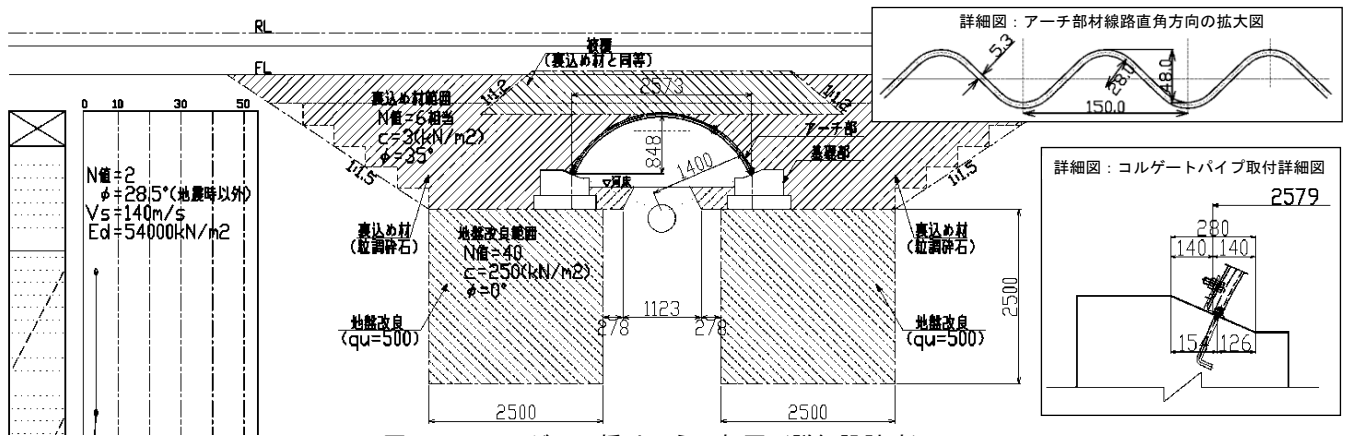


図-3 コルゲート橋りょう一般図（詳細設計時）

設定した3mm以内に収まる結果となった（図-2）。

②下部工：許容鉛直支持力の設定方法は、鉄道基準<sup>2)</sup>で評価を行うこととした（マニュアルは道路基準）。結果として、地耐力が不足するため、2500mm×2500mmの地盤改良を施すこととした。また、コンクリート基礎はマニュアルに記載のある形状寸法を参考にして設計した。

**3. FEM解析：**（その1）において、設計値に近い挙動を示した静的載荷との整合性確認のため、二次元弾性FEM解析を実施した（ソフト：Soil Plus）。図-4に解析モデル図を示す。コルゲートのアーチ部はビーム要素とし、試験施工の静的載荷にあわせた上載荷重は地盤に直接載荷するモデルとした。また、採用した地盤定数については、PS検層値から推定した変形係数とし、列車荷重によって生じる路床と同等となるよう、ひずみレベルを $10^{-4}$ ～ $10^{-5}$ 程度に補正した。解析を行った結果、コルゲート頂部の鉛直変位は1.27mmであることを確認した。鉛直変位のコンター図を図-5に示す。

変位の再現性として、全ての検討で設計上の許容値3.00mm以内となっており、FEM解析の最大値1.27mmは試験施工時の鉛直変位1.00mmと比較して同程度であることを確認した。その

ため、試験施工を模擬したFEM解析モデルが構築できたと考える（表-3）。一方、試験施工およびFEM解析と比較してフレーム解析の上載荷重は小さいものの、頂部の鉛直変位はフレーム解析で最も大きい値になっていることから、詳細設計で適用したフレーム解析は安全側の設計になっていると考えられる。

**4. おわりに：**鉄道構造物として事例の少ないコルゲートを適用し、コルゲートの詳細設計および試験施工を模擬したFEM解析を行った。コルゲートの詳細設計にて、鉄道構造物としての許容値を満足する仮線構造物を設計することおよび、FEM解析では試験施工を再現することができた。本検討では、条件の一部が異なりフレーム解析とFEM解析の正確な比較ができないため、今後、双方の関係性を確認していきたい。加えて、仮線施工（写真-1）での動的変形を確認するとともに、鉄道の永久構造物として適用する際の設計上の留意点などを解明していきたい。

**謝辞：**本検討は、（公財）鉄道総合技術研究所、広成建設（株）、日鉄建材（株）より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.，2) 鉄道総合技術研究所，建造物設計標準解説（基礎・抗土圧），H61.3.，3) 西日本旅客鉄道株式会社：土木建造物設計施工標準 VI地下・トンネル構造物編 地盤掘削による影響の予測，H29.3.，4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（土構造物），H19.1.

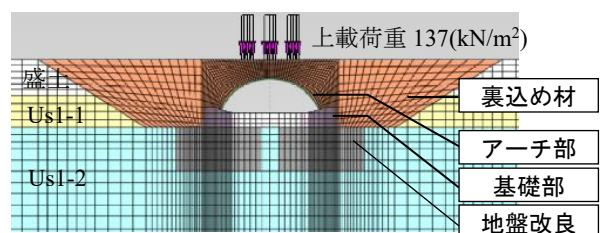


図-4 FEM解析モデル図（コルゲート部拡大）

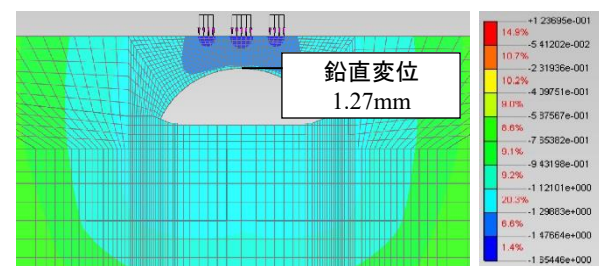


図-5 鉛直変位のコンター図（コルゲート部拡大）

表-3 各種検討結果（頂部の鉛直変位，上載荷重）

	頂部の鉛直変位 (mm)	上載荷重 (kN/m <sup>2</sup> )
許容値	3.00	—
FEM解析	1.27	137
試験施工	1.00 (0.60)	
フレーム解析※	1.52	107

※条件が一部異なるため参考値とする