

岩盤部非開削路下構造の3次元挙動を考慮した設計手法について

日本技術開発株式会社 正会員 羽守紀幸¹⁾
建設省中部地方建設局多治見工事事務所 吉川昌宏²⁾
日本技術開発株式会社 正会員 鷲尾 寛¹⁾

1. はじめに

名古屋市の周辺 30~40km 圏に東海 3 県を連結し広域的なネットワークを形成する東海環状自動車道の整備が進められている。本文で対象とする箇所は、中央自動車道と土被り 3.5m で路下交差し、重交通下の中央自動車道の規制・通行止めによる経済損失を軽減するため、施工法として非開削工法が採用された。地盤が一軸圧縮強度 80N/mm² のチャートを主体とした中硬岩であるため発破掘削となることから、推進またはけん引工法では掘削面の凹凸により施工不能となる。そのため、パイプルーフ工法を併用した山岳トンネル工法として、パイプルーフおよび地山を支える仮設鋼製支保工を本体構造とする幅 27.5m、高さ 6.5m の鋼製門型カルバート形式(図-1)を計画した。この構造設計に対しては作用荷重に耐える躯体剛性を確保すると共に、路面沈下量を 40mm の許容値以内に抑制する必要がある。ここでは、設計手法として、3次元挙動により生じる路面沈下量を縦断方向と横断方向の2次元解析を組合せることにより予測した手法について述べる。

2. 解析手法

施工方法としては山岳トンネル工法であることから、パイプルーフ施工後、1掘進毎に鋼製門型カルバートを建て込む。この施工ステップを考慮した路面沈下量(δ)は、支保工建て込みのための先行掘削によるパイプルーフのたわみ(δ_1)と荷重を受けた支保工のたわみ(δ_2)とを重ね合わせるにより求められる。 $(\delta = \delta_1 + \delta_2)$

前者(δ_1)は、支保工建て込みのための先行掘削により 2.25m 区間が無支保区間となることを考慮し、パイプルーフを梁部材とする縦断方向の弾性床土梁モデルにより全ステップを累積することで算出した。(図-2)ここで上載荷重については1掘進当りの荷重を移動載荷させた。また、この解析では支保工パネと地盤パネの設定が重要であるため、3.で詳述する。

後者(δ_2)は、上記縦断モデルでは支保工上部に全荷重が載荷されず、縦断モデルの1掘進載荷による支保工パネと地盤パネの荷重分担率が 52:48%となるため、全荷重の 48% 荷重を載荷した横断骨組みモデルにより算出した。

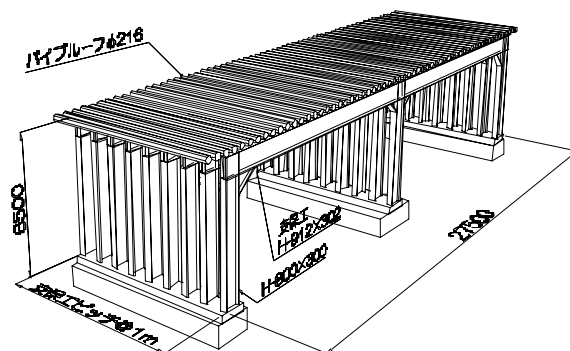


図-1 鋼製門型カルバート形式によるパイプルーフ工法

3. 支保工パネと地盤パネの算出

支保工パネは、地中構造物であることから支保工本体の剛性と本体を支える地盤強度に左右される。特に、上載岩盤の剛性および側部地盤の支保工変形抑制効果を評価する必要がある。

これらの挙動を反映したパネ定数を設定するため、掘削時の岩盤破壊を考慮した横断面の2次元非線形有限要素法解析(以下 FEM と呼称)モデルを作成し、支

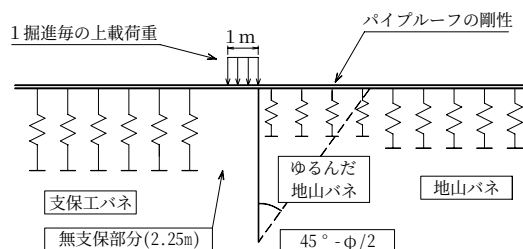


図-2 縦断方向の弾性床土梁モデル

キーワード：パイプルーフ、岩盤掘削、門型カルバート、本体利用、路面沈下予測

連絡先：1) 名古屋市中村区名駅南 1-27-2 日本生命笹島ビル 14F TEL:052-533-1603 FAX:052-533-1607
2) 岐阜県多治見市坂上町 6-34 工務第二課 TEL:0572-25-8025 FAX:0572-23-7236

保工梁部分へ载荷する等分布荷重と支間中央部の最大変位量の関係から以下の算出式により支保工反力係数を定義した。(図－3)

$$k = P / \delta_{\max}$$

ここに、 k ：支保工反力係数、地盤反力係数

P ：载荷分布荷重、 $\delta_{\max}$ ：最大変位量
支保工バネは、以上により算出した支保工反力係数に有効载荷幅(パイプルーフ間隔)を乗じ 6600KN/m^2 と設定した。

地盤バネは、パイプルーフを支える地盤における作用荷重と変形量の関係から算定する必要がある、このバネ値は有効载荷面積により変化する。しかし、ここではパイプルーフ上方の岩盤の剛性が関与するため、地盤特性としての鉛直方向地盤反力係数を支保工反力係数と同様、図－3に示すFEMモデルを用いて算出し、有効载荷幅(パイプルーフ径)を考慮して 12400KN/m^2 と設定した。

また、掘削面前方地盤は掘削による応力解放や発破の影響によりゆるむことが想定されるため、切羽から主働崩壊部分はゆるみ領域とした。この部分のゆるんだ地山バネはFEMから上記の地山バネを $1/2.5$ に低減し 4960KN/m^2 と設定した。

4. 路面沈下量の予測量と実測結果

支保工は、施工条件から1掘進を1mとし横断骨組み解析から最低支保耐力として必要な「梁：H-912」「柱：H-800」とした。この支保工部材による全载荷の48%载荷によるたわみ(δ_2)が8.5mmであるため、 δ_1 の許容値は31.5mm($40\text{mm} - \delta_2$)となる。

縦断モデルによりパイプルーフ径「 $\phi 190.7$ 、 $\phi 216.3$ 」の違いによる沈下量の試算を行った結果、図－4に示すように許容値を満足する $\phi 216.3$ を採用し構造物規模を確定した。この場合の予測沈下量 δ は33.5mm($25 + 8.5\text{mm}$)となる。

現在、中央自動車道上り線側の鋼製門型カルバートの建て込み工事が完了し、内巻きコンクリートの施工を残すのみとなっている。現状での路面沈下量の実測結果は最大26mmで予測沈下量の80%となっており、予測沈下量内におさまっている。

5. まとめと今後の課題

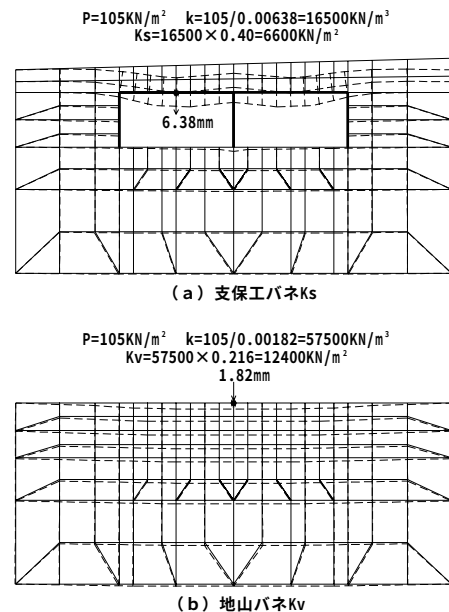
ここで採用した山岳トンネル工法による岩盤部のパイプルーフ併用鋼製門型カルバート構造の設計手法として、路面沈下に係わる3次元の挙動を「縦断方向弾性床・上梁モデル」「横断FEMモデル」「横断骨組モデル」の2次元解析を用いることにより、かなり精度よく予測できた。

今後、中央自動車道の下り線側と内巻きコンクリートの施工が行われる。工事完了後の最終沈下量をもとに、今回の設計手法について再検証を行う予定である。

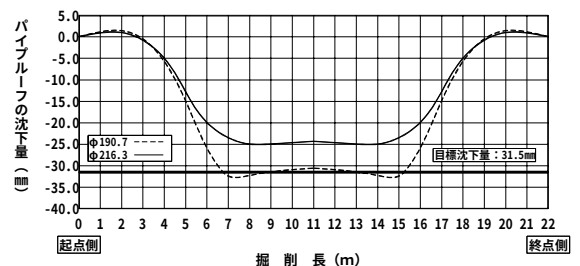
最後に、本構造の採用にあたりご協力いただいた多治見工事事務所 調査設計課、工務第二課の方々に対し、ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

河原幸弘、鷲尾寛：低土被り中硬岩地山における道路横断計画について、(社)土木学会中部支部建設コンサルタント業務技術発表会、平成9年9月



図－3 FEMモデルによるバネ定数の算出



図－4 パイプルーフの累積沈下量 (δ_1)