

大深度円形立坑における開口部側壁と底版接合部のモデル化方法に関する一考察

(株)熊谷組 土木事業本部 正会員 ○山口哲司
早稲田大学 正会員 岩波 基

1. はじめに

筆者らはこれまでの研究¹⁾で、シールドトンネル用大深度円形立坑に関し、開口部周辺における現行の鉛直方向2次元梁モデル(図-1)による解析は、3次元モデルによる解析と比べて曲げモーメントが大きく算出され、その原因が欠円断面においてもリング効果が生じることに起因していることと、その対策として下式で算出されるリングばねを2次元の梁モデルに設けることによって(図-2, 提案モデル1)、リング効果を考慮した合理的な2次元モデルになることを報告した。

$$k_r = EA/r^2 \quad (1)$$

ここに,

- k_r : リングばねのばね定数 (kN/m²/m)
- E : 立坑本体壁のヤング係数 (kN/m²)
- A : 本体壁の断面積 (m²)
- r : 立坑の半径 (m)

しかし、図-2に示す提案モデル1では、現行の2次元モデルと同様に底版やかまち梁との接合部を固定端としているため、端部の曲げモーメントが大きく算出される等の課題があった。

そこで、本稿ではかまち梁や上部側壁を含む立坑全体を鉛直方向の梁でモデル化し、底版接合部の支持条件を回転ばねとする提案モデル2について報告する。

2. 現行の2次元モデル

一般的な設計においては、2次元モデルで解析を行うため、主応力が発生する方向をモデル化することが多い。円形立坑の側壁においては、円形形状によるリング効果から水平方向のリングモデルで解析を行う。一方、トンネルの構築に伴い断面欠損が生じる開口部周辺の立坑本体壁は、かまち梁や底版に支持される鉛直方向の梁にモデル化される。『トンネル標準示方書[開削工法]・同解説』等で示されている一般的な開口部周辺のモデル化方法を図-1に示す。

(a)側壁-1は、面外荷重に対して図-1(a)に示すように、かまち梁と底版を固定とした両端固定梁にモデル化して解析を行う。

(b)側壁-2は、面外荷重に対して図-1(b)に示すように、かまち梁または底版を支点とした片持ち梁にモデル化して解析を行う。

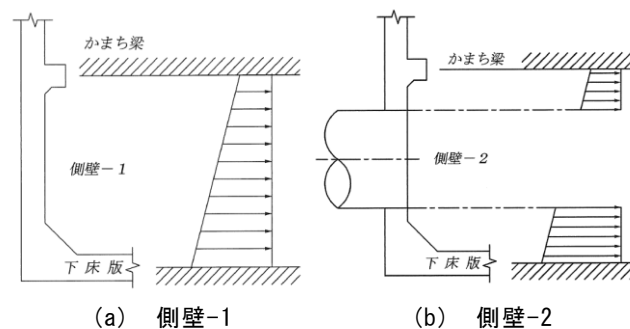


図-1 開口部周辺のモデル化方法

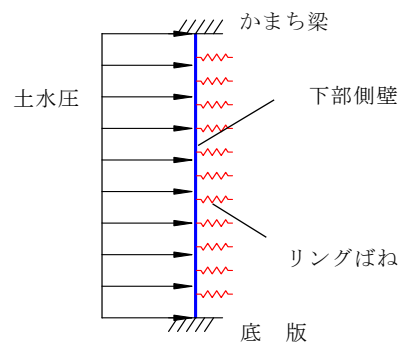


図-2 提案モデル1

キーワード：大深度円形立坑，シールドトンネル用開口，モデル化，リングばね，回転ばね

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 ・TEL 03-3235-8622 ・FAX 03-3266-8525

3. 提案モデル

回転ばね定数の算出にあたっては、円形立坑を図-3に示すような簡易なラーメン構造にモデル化し、たわみ角法を用いて算出した。

部材BAおよび部材BCに関するたわみ角式は下式で表され、

$$M_{BA} = 3EK_1 \cdot \theta_B + H_{BA} \quad (2)$$

$$M_{BC} = 2EK_2 \cdot (2\theta_B + \theta_C) \quad (3)$$

ここに、

- M_{BA}, M_{BC} : 材端モーメント
- θ_B, θ_C : たわみ角 ($\theta_C = -\theta_B$)
- E : 部材のヤング係数
- K_1, K_2 : 部材剛度 ($K = I/l$)
- H_{BA} : 一端固定他端単純支持の荷重項

次に、節点Bに関する節点方程式から

$$M_{BA} + M_{BC} = 0 \quad (4)$$

$$(3EK_1 + 2EK_2) \cdot \theta_B = -H_{BA} \quad (5)$$

と導かれる。以上より、下部側壁の底版接合部における回転ばね定数は、下式により算出される。

$$K = \frac{3EI_1}{l_1} + \frac{2EI_2}{l_2} \quad (6)$$

また、上部側壁およびかまち梁、リング効果が期待できる下部側壁のリングばねは式(1)により算出する。

4. 3次元モデルとの比較

本研究では図-4に示すように、側壁-1をリング効果が期待できない側壁-1_a, リング効果が期待できる側壁-1_bに区分し、A断面を側壁-1_aの代表断面、B断面を側壁-1_bの代表断面とする。3次元モデルと現行の2次元モデル、提案モデル1, 提案モデル2の比較検討結果を図-6に示す。

図-6に示すように、開口部の影響を受けない側壁-1_bにおいては、提案モデル2を用いることで3次元モデルとほぼ同等の精度で解析できることが確認できる。ただし、開口部近傍の側壁-1_aにおいては、端部の負曲げモーメントが少し大きく算出されるが、現行の2次元モデルと比べると、経済的な設計になるものと考えられる。

【参考文献】 1) 山口ら：シールドトンネル用開口を有する大深度円形立坑の構造解析手法の提案, 土木学会論文集F1(トンネル工学)

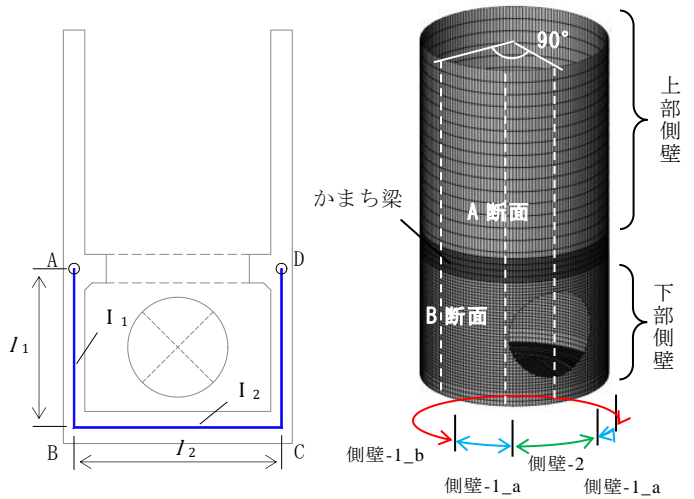
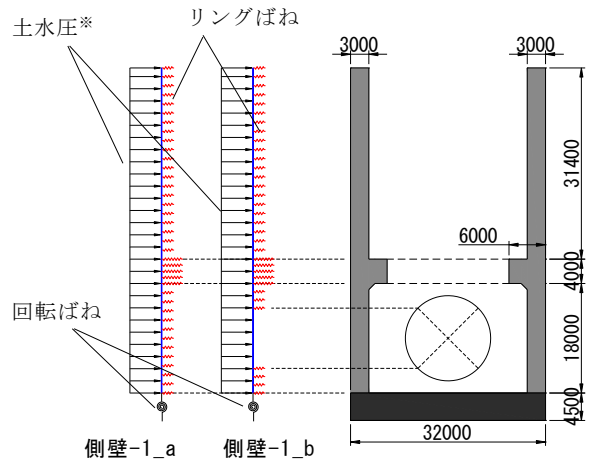


図-3 回転ばねの算出に用いたラーメンモデル

図-4 提案モデルの適用区分



※ 作用側圧：簡単のため深度に関係なく100kN/m²で一定にした

図-5 提案モデル2 および 解析条件

- 3Dモデル
 - 現行2Dモデル
 - 提案モデル1
 - 提案モデル2
- ※ 下部側壁のみ表示

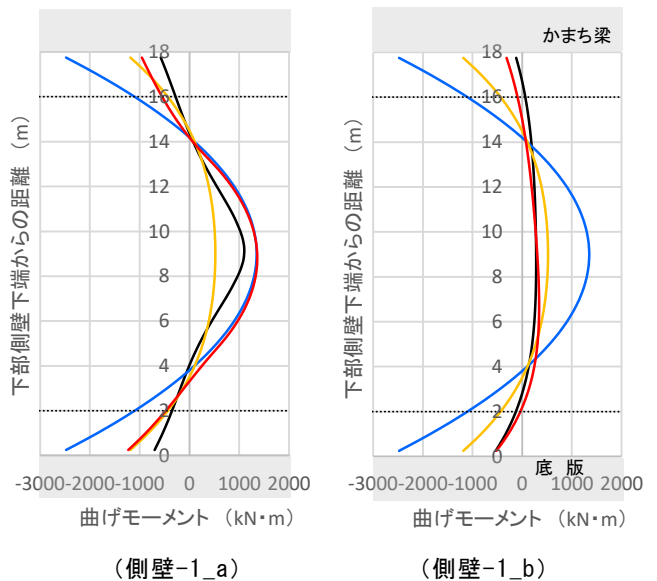


図-6 鉛直方向曲げモーメントの深度分布