

地下鉄駅の床版開口補強に関する検討

(株) 復建エンジニアリング 正会員 ○大石 賢治 非会員 岩城 賢治
(株) オリエンタルコンサルタンツグローバル 非会員 千葉 俊也
メトロ開発 (株) 非会員 佐藤絵理子

1. はじめに

本稿の対象構造物は、マニラ首都圏地下鉄事業の Quezon Avenue 駅における 4 層 1 径間の開削トンネルである。躯体内には乗降客が階層間を移動するための昇降設備が設けられており、それに伴う床版開口が必要となる。本構造物においては、B1 階、B2 階、B3 階で線路方向に長い床版開口がある。

側壁に隣接した床版開口部を補強する水平補強桁は、昇降設備レイアウトの制約より桁高 1.0m 以下の制限を受ける。開口補強桁が十分な剛性を確保できないことにより、床版開口部における変形が大きく発生することが想定され、周辺部材への影響が懸念された。また、各階で開口位置が異なり、開口に伴う構造物全体の挙動の把握は 2 次元フレーム解析では困難であるため、3 次元 FEM 解析により構造物全体への影響の把握を行うこととした。本稿では、検討結果の一部を報告する。

2. 対象構造物

対象構造物の横断面図を図-1 に示す。床版開口は左側壁側に位置している。駅の左側に 45 階建てビルを想定しているため、左側壁に建物荷重を作用させる。

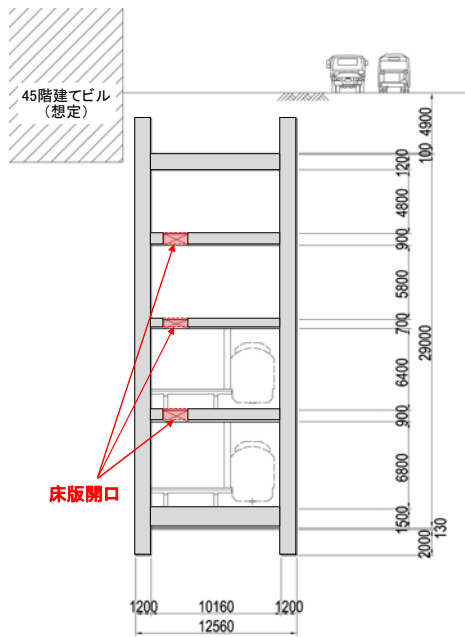


図-1 対象構造物 横断面図

3. 検討条件

(1) 解析モデル

解析モデルを図-2 に示す。床版・側壁ともシェル要素でモデル化した。RC 連壁の本体利用のため、側壁の奥行方向を分割した。最小のエレメント長を 2.0m と想定し、分割間隔を設定した。なお、分割部では圧縮力のみ伝達させるものとした。床版開口数および線路方向の開口寸法は、B1 階が 2 ヶ所で各 12.7m、B2 階が 2 ヶ所で各 9.9m、B3 階が 1 ヶ所で 9.7m である。メッシュ分割は 0.50m を基本とし、開口部周辺とその影響範囲は 0.25m とした。なお、地盤バネは節点バネとした。

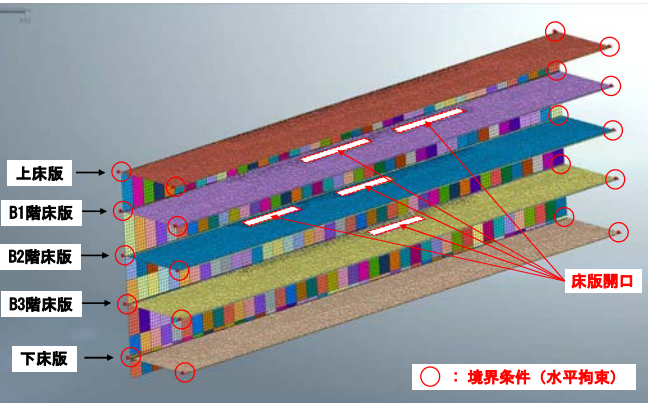


図-2 3次元 FEM モデル (右側壁は非表示)

3 次元 FEM モデルの妥当性確認のため、3 次元 FEM 解析と 2 次元フレーム解析による計算結果の比較を行った。左側壁の断面力比の比較結果を表-1 に示す。断面力の違いは、曲げモーメントでは概ね±5% (最大 9%)、軸力では概ね±2% (最大 3%) である。ほぼ整合性が取れており、モデル化は妥当であると判断できる。

表-1 左側壁 断面力比 比較 (2 次元と 3 次元)

位置	3次元/2次元 断面力比	
	曲げモーメント	軸力
床版下面	0.99 ~ 1.06	0.97 ~ 1.01
床版間中央	0.95 ~ 1.05	0.98 ~ 1.00
床版上面	0.91 ~ 1.08	0.97 ~ 0.99

※各階層間の断面力比をまとめたものを示す。

(2) 荷重条件

死荷重, 土圧, 水圧・揚圧力, 路面交通荷重, 衝撃荷重, 建物荷重を考慮する。

(3) 使用材料

コンクリート (床版) : $f_{ck}=24\text{N/mm}^2$

コンクリート (側壁) : $f_{ck}=40$ (24) N/mm^2

※ () 内は, 施工条件による低減値

鉄筋 : $f_{yk}=415\text{N/mm}^2$ (ASTM615M, GRADE60)

4. 検討結果

(1) 水平補強桁

B1階における水平補強桁付近に発生する線路方向のひずみコンター図を図-3に示す。開口側において, 開口中央部で引張ひずみ※1, 開口端部で圧縮ひずみ※2が卓越していることが確認できる。(※1, ※2は図-3参照)

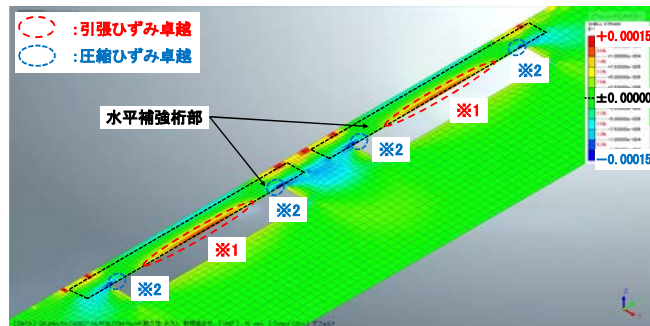


図-3 水平補強桁付近 線路方向ひずみコンター図 (B1 階)

B1 階, B2 階, B3 階の水平補強桁の断面寸法を図-4に示す。補強桁高は 1.0m 以下の制約があるため, 補強桁幅を拡大することで対応した。その結果, B1 階・B3 階では補強桁幅が 2.9m, B2 階では 2.7m となった。

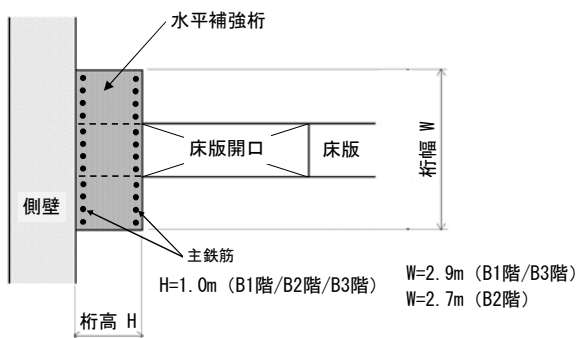


図-4 水平補強桁 断面寸法

(2) 左側壁

左側壁の直角方向の曲げモーメントコンター図を図-5に示す。床版開口の影響を受け, 床版間中央付近の最大曲げモーメントの発生位置は床版開口を有する階層に近づき, 一方, 支点部の最大曲げモーメントは床版開口を有する階層の上下階で発生していることが確認できる。

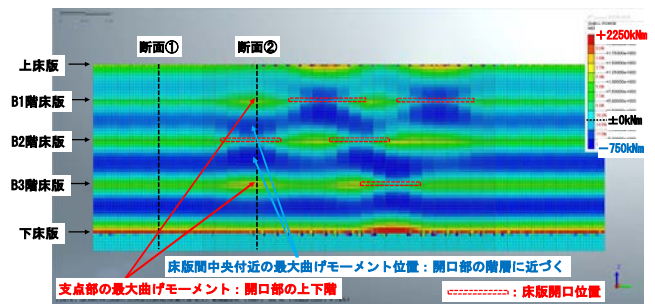


図-5 左側壁 直角方向曲げモーメントコンター図

床版開口の影響が十分に小さい断面①と B2 階に床版開口を有する断面②の曲げモーメントの比較を図-6に示す。床版開口を有する B2 階の床版位置の曲げモーメントは著しく減少※1している。床版間中央付近の最大曲げモーメントは B1 階床版～B2 階床版間で 1.44 倍※2となっている。一方, B1 階および B3 階の床版位置では, 曲げモーメントは B1 階で 1.74 倍※3, B3 階で 1.27 倍※4となり, 床版間中央付近の最大曲げモーメントは上床版～B1 階床版間で 0.20 倍※5, B3 階床版～下床版間で 0.85 倍※6となっている。(※1～※6は図-6 参照)

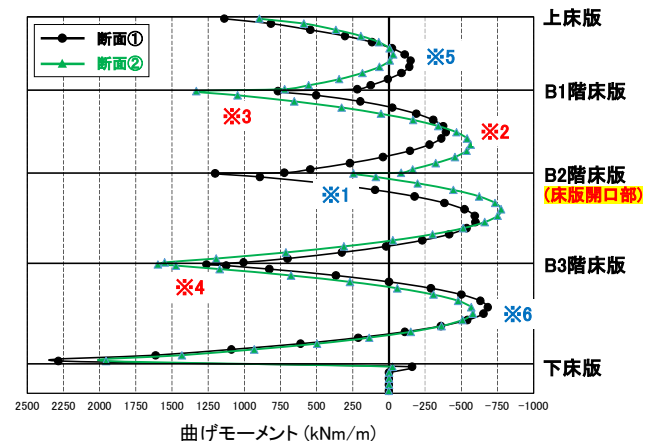


図-6 曲げモーメント比較 (断面①と②)

5. まとめ

B1 階, B2 階, B3 階で位置が異なる線路方向に長い床版開口があり, かつ, 開口補強桁に桁高制限がある地下駅における開削トンネルの 3 次元 FEM 解析を行い, 床版開口に伴う構造物全体の挙動を確認した。

3 次元 FEM 解析では, 開口部周辺の応力状態や 3 次元的な応力分配を適切に把握することが可能である。その一方で, 局所的なひずみや応力が明確に数値化されるため, その解析値をどのように設計に反映させていくかが課題であり, 十分な検討が必要である。

本検討が今後の地下駅の床版開口補強設計において参考になれば幸いである。