

選奨土木遺産である銀座線鉄構框構造駅の 床版開口に対する補強及び設計法に関する一考察

メトロ開発(株) 正会員 ○宇波 邦宣
東京地下鉄(株) 辻 雅行
東京地下鉄(株) 城戸 幸二
メトロ開発(株) 藤村 正人

1. はじめに

東京メトロでは、バリアフリーの一環としてエスカレータやエレベータ等の垂直移動設備工事が増加しており、既設構造物の改造が必要となっている。東京メトロで最も古い銀座線は、図-1 に示すように鉄構框構造の駅が数多い。鉄構框とは、H鋼を主構造部材として断面を構成し、これを一定間隔で配置して、框間は框を支間とする鉄筋コンクリートを打設した。従って、大規模な床版開口は框を切断しなければならない。開口補強対策は大規模な工事となり、工事期間中、旅客への利便性を損なうばかりか、営業線の安全な運行確保等、様々な課題が生じているのが現状である。本稿では、比較的容易な補強方法を示すとともに、その設計法の検証結果を行ったのでここに報告する。

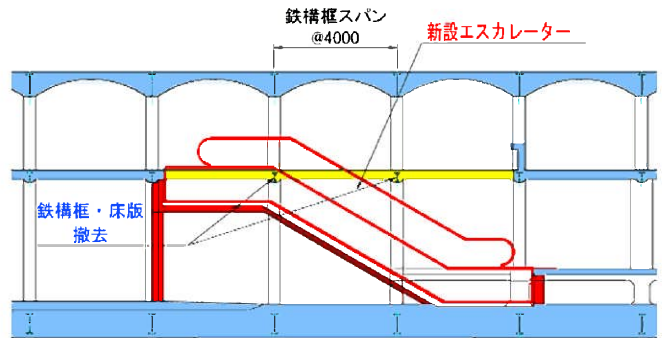


図-1.1 縦断面図

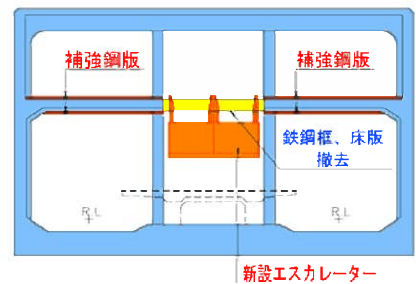


図-1.2 横断面図

2. 補強方法の概要

中央径間の鉄鋼框が撤去される場合に、補強方法としては、例えば図-2.1

に示すように代替部材を設ける方法が考えられるが、柱部材に過大なモーメントが発生し、柱補強もなど大規模な補強工事となる。また工事期間中は旅客流動への影響も大きい。そこで図-2.2 に示すように開口周

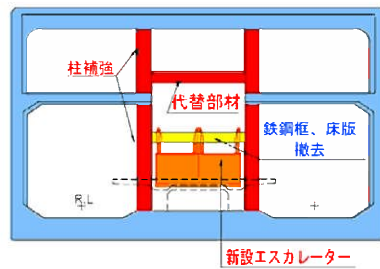


図-2.1 代替部材補強案

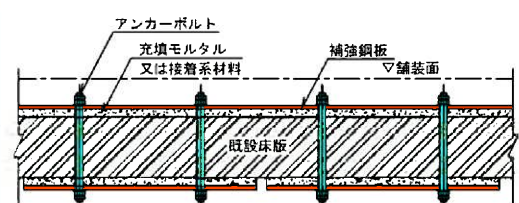


図-2.2 補強鋼板取付図

辺の中床版の上下面に鋼板をアンカーボルトを介して貼り付け、中床版を補強桁として機能させることとした。これにより、中床版に作用する水平力を開口部前後の切断されていない鉄鋼框に伝達させることが可能となる。このため改造後の鉄構框構造は既存の構造形式とほぼ同等な形式となる。

3. 設計法とその検証

3.1 断面力発生性状と照査項目

設計では、中床版はディープビームと考え、開口部側をタイとしたタイドアーチ的耐荷機構を想定した(図-3.1)。そ

キーワード: 鋼板開口補強

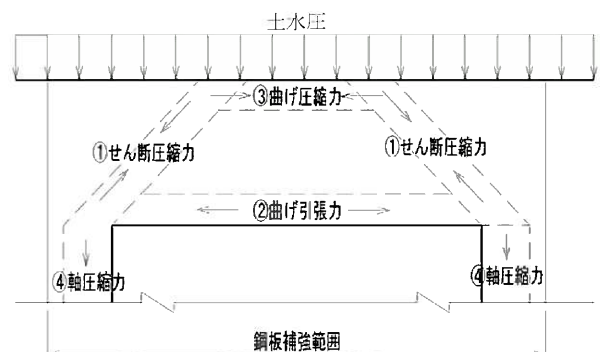


図-3.1 断面力発生機構概念図

連絡先: 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 11 番 9 号 メトロ開発株式会社 技術部 TEL03-5847-7808

ここで、①せん断圧縮耐力、②開口部側曲げ引張耐力、③側壁側曲げ圧縮耐力、④開口部両端の軸圧縮耐力の4項目について床版の耐力照査を行うこととした。

3.2 3次元FEMによる検証

まず、3.1で想定した断面力の発生機構を検証し、中床版を3次元FEMでモデル化し解析を行った。図-3.2に示すように厚さ300mmの床版に、幅4.5m、長さ11.5mの開口が新設される場合を想定し、半断面について解析した。緑色に着色した部分が鋼板であり、ねずみ色に着色した部分が既設床版である。鋼板は9mmのSS400相当とした。外力は側方土水圧として水平方向に175kN/mを载荷した。解析結果のうち、上面側の最大主応力分布、最小主応力分布を図-3.3、図-3.4に示す。図に示すように3.1で仮定した4つの発生機構をすべて確認することができた。また解析で得られたそれぞれの部位での既設床版及び補強鋼板の応力度照査を行い、補強方法の妥当性を確認した。

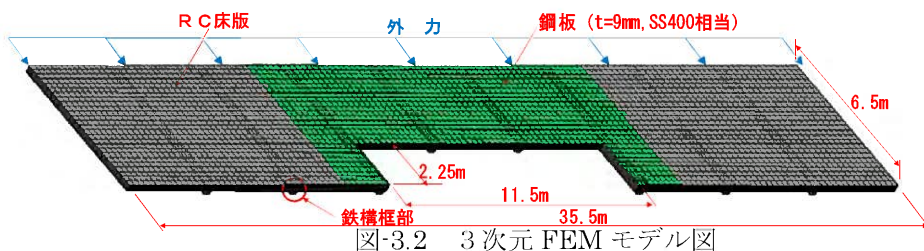


図-3.2 3次元FEMモデル図

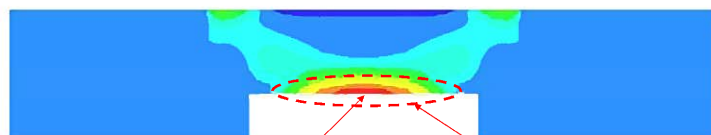


図-3.3 最大主応力分布図

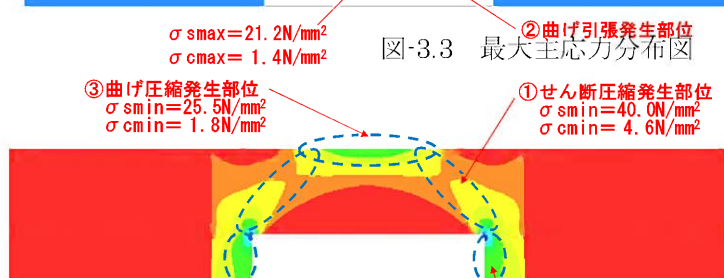


図-3.4 最小主応力分布図

3.3 照査用断面力算定法について

FEM解析結果を踏まえ、簡易的な照査用断面力算定法を以下に示す。初めに断面力は補強鋼板と既設床版それぞれが負担するものとし、その応力分担率は、断面剛性の比により求めている。

$$\beta_c = \frac{E_c \cdot A_c}{E_c \cdot A_c + E_s \cdot A_s} \quad \beta_s = \frac{E_s \cdot A_s}{E_c \cdot A_c + E_s \cdot A_s}$$

以下に4つの照査項目に対する設計用断面力の基本的な考え方を示す。

- ①せん断圧縮部：設計せん断力はH/2の位置のせん断力とする。このとき鋼板と既設床版が受け持つせん断力は応力分担率 β_c 、 β_s を考慮して照査する。
- ②曲げ引張部：曲げ引張力はすべて鋼板のみで負担するものとし、中床版の両端を半固定とした梁として照査を行う。 α は両端半固定とした時の係数である。また、 p は土水圧、 L は縦断方向開口スパンを示す。

$$M = 1/\alpha_1 \cdot p \cdot L^2$$

- ③曲げ圧縮部：曲げ引張力は既設床版と鋼板の両方で分担するものとし、その比は β_c 、 β_s とする。中床版の両端を半固定とした梁として照査を行う。

$$M_c = \beta_c \cdot 1/\alpha_2 \cdot p \cdot L^2 \quad M_s = \beta_s \cdot 1/\alpha_2 \cdot p \cdot L^2$$

- ④軸圧縮部：軸圧縮力は既設床版と鋼板の両方で分担するものとし、軸圧縮力負担幅 L_2 を設定し（図-3.6）、軸圧縮力を算定し、照査を行う。

本手法によって求めた設計用断面力は、図3.3及び図3.4に示す各部位の最大応力度とほぼ同等であることを確認している。

4. 終わりに

鉄構框構造は、煩雑な3次元FEM解析を行うことなく、簡易的な設計用断面力算定法により設計できることが確認できた。

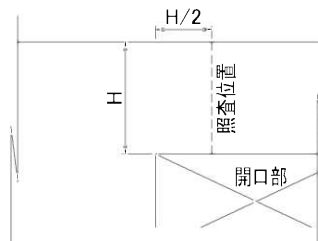


図-3.5 せん断照査位置

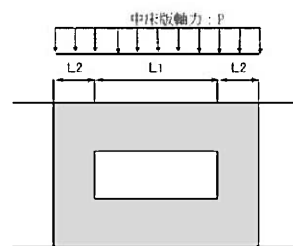


図-3.6 軸圧縮力分担