

エスカレーターを利用した橋上駅舎の新しい耐震機構に関する解析的検討

J R 東日本 研究開発センター 正会員 ○ 吉田 一
 J R 東日本 研究開発センター 林 篤
 (株)日立製作所 都市開発システムグループ 齋藤 忠一
 (株)日立製作所 都市開発システムグループ 小嶋 和平

1. はじめに

橋上駅舎等における既存不適格建築物の耐震補強方法として、従来は図-1(a)のようにブレース等を増設して耐力を増強する方法が採用されているが、建物を使用しながらの施工となるため制約が多く、コスト増の要因となっている。また、事業スペースでの工事に際しては、営業補償が伴うケースもある。これらの問題を解決するために、既存建物への支障を最小限にしながら効果的に耐震性能を向上できる補強方法として「エスカレーターを利用した橋上駅舎の新しい耐震機構」を考案し、解析的検証を実施した。本報ではその概要について述べる。

2. 開発概要

橋上駅舎等において、通常昇降機には水平力を負担させることはできないが、昇降機、特にエスカレーターを耐震機構として考慮することができれば、既存建物への支障を最小限にしながら効果的に耐震性能を向上させることができるため、エスカレーターを利用した新しい耐震機構の開発を進めることとした。この水平力に対して抵抗するエスカレーター(以下、耐震機能エスカレーター)は、図-1(b)に示すようにエスカレーターの長手方向における水平地震荷重の一部を負担させることにより、ブレース等の補強部材が省略できるものである。また、水平地震荷重を負担してもエスカレーターのステップやモーターなどの機械類が損傷しないことが前提となる。

3. 耐震機能エスカレーターの仕様目標

以上の前提条件を考慮し、今回開発する耐震機能エスカレーターの仕様目標は、最大水平力を受けた際にエスカレータートラスの各部材が弾性範囲内の応力となる構造とした。そのためにエスカレーターピット下には水平抵抗としての杭を施工することとした。耐震機能エスカレーターが負担するせん断力は杭とピット躯体のせん断力から決まるため、杭とピット躯体の最大水平抵抗力をエスカレーターに負荷する最大水平力として算出することとした。

4. エスカレーターに負荷する最大水平力の算出

4.1 エスカレーターピット杭の水平抵抗力

エスカレーターピット杭の水平抵抗力は、想定される地盤条件において杭頭の過大な水平変位¹⁾と杭体の塑性化を許容しないことを勘案して算出した。地盤条件は以下の2ケースを検討し、杭種についてはRC杭($\phi 1000$, $\phi 800$, $\phi 600$)と鋼管杭($\phi 318.5$)を検討した。なお、杭の本数は1本とした。以上の検討の結果、CASE2のRC杭($\phi 1000$)の水平抵抗力が最大となり、その値は500kNとなった。

地盤	CASE1 (GL-10m:N値=3,粘性土 GL-10m~:N値=50,砂質土)
条件	CASE2 (GL-2m:N値=3,粘性土 GL-2m~20m:N値=10,シルト・粘性土 GL-20m~:N値=30,砂質土)

4.2 エスカレーターピット躯体の水平抵抗力

次に、エスカレーターピット躯体前面の受動抵抗土圧、ピット側面および底面の摩擦力を計算し、前項の杭の水平抵抗力と組合せて最大水平抵抗力を求めた。ピットの条件は、前面幅 2.2m×側面長さ 4.0m×深さ 1.1mとし、

キーワード：橋上駅舎，耐震補強，耐震機能エスカレーター，三次元 FEM 解析

連絡先：〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-0 JR 東日本研究開発センター Tel(048)651-2552

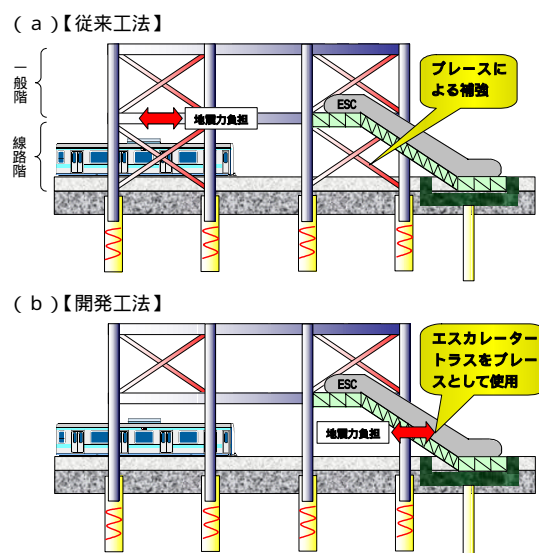


図-1 従来工法と開発工法のイメージ

ピット根入れ部が粘性土の場合と砂質土の場合を算出した．以上の条件からピットの受動抵抗土圧とピットの側面摩擦の合計は砂質土のほうが粘性土より大きく 182.5kN となった．

よって，最大水平抵抗力，つまり，エスカレーターに負荷する最大水平力は，砂質土における ϕ 1000 の RC 杭のケースであり，その値は，682.5kN (500kN+182.5kN：約 70tf) となる．

5．耐震機能エスカレーターのディテール

エスカレーターが地震荷重を負担するためには，エスカレータートラスの耐力を増強する必要がある．従来のエスカレーターによるフレーム解析を行った結果，エスカレータートラスに水平力が作用する際には上部および下部折れ点部が弱点箇所となり，上下折れ点部付近では降伏応力以上の応力が発生するため，強度上問題となることが明らかとなった．したがって，トラス補強構造案として図-2 に示すように上下部折れ点補強，上下折れ点部および中間部上下フランジ側の面板補強，水平トラス補強等を施した耐震機能エスカレータートラスの構造を検討した．今回の開発では駅舎に導入されているエスカレーターのうち，導入実績の多い階高 6m，3 分割構造について検討することとした．また，階高 2.4m の位置には中間支持を設けることとした．

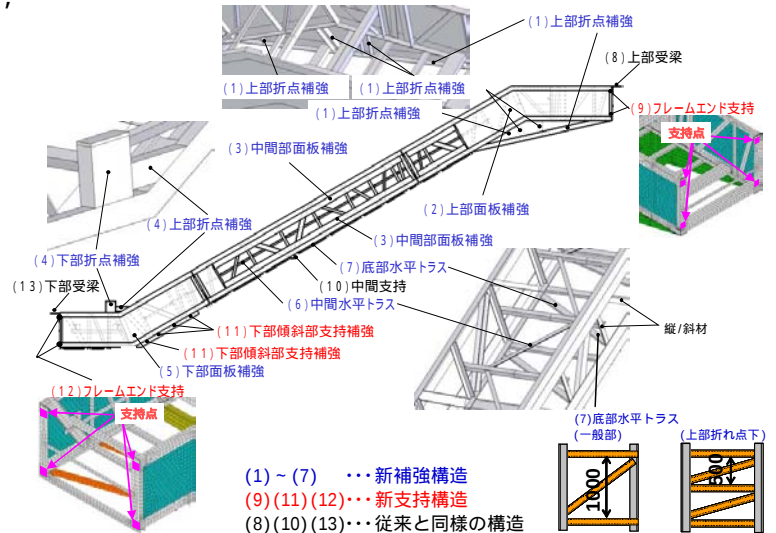


図-2 耐震機能エスカレータートラスのディテール

6．耐震機能エスカレーターの三次元 FEM 解析

以上の補強構造および支持構造を施したモデル（図-3）において地震時水平力 682.5kN を上部フレームエンドの支持部に等分布の面圧として付与し，各点の応力，変形等の挙動を確認した．図-3 に三次元 FEM 解析による応力コンター図を示す．図-3 からエスカレータートラスが降伏応力以上となる箇所はみられず，応力に対して十分な強度を有することが確認できた．また，たわみ δ は，最大支持間長さ 7.2m（中間支持から上部折れ点までの距離）に対して 3.1mm，上部取合部の移動量は 5.7mm となり，変形に対しても十分な性能を有することが確認できた．



図-3 三次元 FEM 解析モデル及び応力コンター図

なお，図-2 に示す(5)の下部面板補強を省略した場合においても応力・変形に対して十分な強度および性能を有することが確認できた．

7．まとめ

以上のことから，本開発における内容，解析等により得られた知見をまとめると以下のとおりとなる．
エスカレーターピット杭と躯体の最大水平抵抗力からエスカレーターに負荷する最大水平力を決定した．
最大水平力に耐えうる「耐震機能エスカレータートラス」のディテールを提案した．

耐震機能エスカレータートラスに最大水平力を負荷させた三次元 FEM 解析の結果，応力・変形に対して十分な強度および性能を有することを確認した．

参考文献

- 1) 「線路上空建築物（低層）構造設計標準（鉄道総合技術研究所編）」2002.6
- 2) 「昇降機技術基準の解説(2002 年版)」：国土交通省住宅局指導課，編集：（財）日本建築設備・昇降機センター，（社）日本エレベーター協会