

耐震機能エスカレーターの载荷実験とシミュレーション

J R東日本 研究開発センター
株式会社日立製作所
同

正会員 吉田 一 林 篤
上田 誠 磯谷 仁
堂園 美礼

1. はじめに

橋上駅舎等の耐震補強方法として、ブレース等を増設して耐力を増強する代わりに「エスカレーターフレームを耐震部材とした耐震機能エスカレーター（以降、耐震 ESC）」が提案されている¹⁾（図-1）。これまで耐震 ESC については、想定される地震力を受けても ESC フレームが弾性範囲内であることを三次元 FEM 解析等から確認しているが、ESC のモーターやステップなど機械類への影響を含めた実物 ESC の挙動については実験により確認する必要があった。そこで、本研究では実物相当の耐震 ESC を製作し、载荷実験の結果を解析により検証することとした。本報ではその概要について述べる。

2. 実験概要

耐震 ESC 単体が水平力を受けた際に、どのような特性を有するかを把握するため、図-2 に示す階高 2.65m の耐震 ESC を製作し、図-3 の試験装置にて静的载荷実験及び動的加振実験を行った。

2.1 静的载荷実験

静的载荷実験では、反力壁及び反力床に取り付けたベースに耐震 ESC 下部を固定し、アクチュエーターで ESC フレーム長手方向に $\pm 100\text{kN}$ を载荷して ESC フレームの変形と応力を測定した。また、変位計は 36 箇所（図-4）、ひずみゲージは上下折点部の補強箇所や中間部の上下弦材など 180 箇所に設置した。

2.2 動的加振実験

動的加振実験では、ESC フレーム上下部支持の長手方向をフリーとした状態で加振し、ESC フレームに生じる加速度から ESC フレームの固有値（固有振動数，モード，減衰比）を算出した。加振条件は表-1 に示すように、最大 20Hz まで加振した。加速度センサーは加振点，下部固定点，上下折点部，中間部 3 箇所の上下弦材に設置した。

3. 実験結果及び解析妥当性評価

3.1 静的载荷時のフレーム変形

図-4 に 100kN 圧縮時の Y 方向及び Z 方向の ESC フレーム変形模式図を示す。図-4 からわかるように、ESC フレームは圧縮荷重が作用したときには全体的に左側へ変位し、かつ上折点は上へ、下折点は下へ変形する。すなわち、各折点の角度が鋭角になるような変形をする。



図-1 耐震 ESC フレームの概要

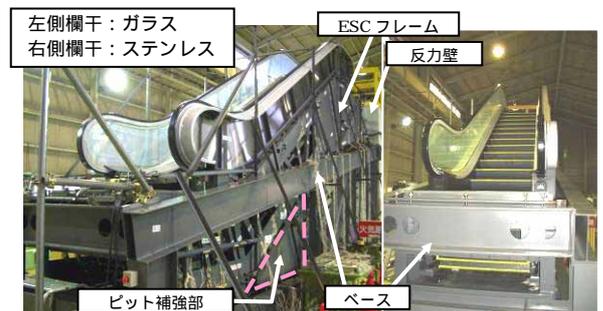


図-2 耐震 ESC 試験体

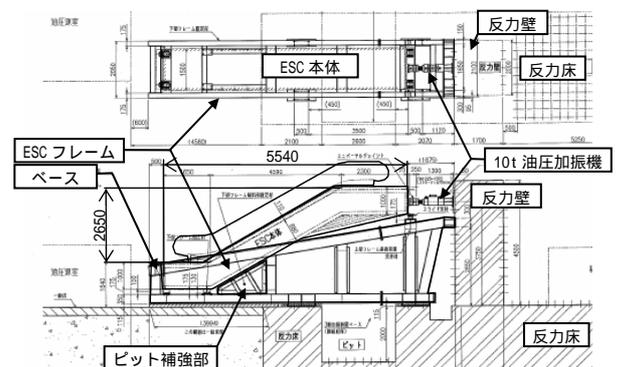


図-3 耐震 ESC 载荷実験概要

表-1 スイープ加振条件

No	目標振幅(mm)	周波数範囲(Hz)	掃引時間(s)
1	3.0	0.5 ~ 5.0	150
2	0.7	0.5 ~ 10.0	300
3	0.4	0.5 ~ 20.0	300

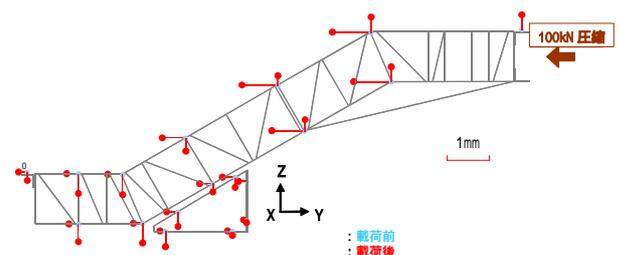


図-4 100kN 圧縮時の Y-Z 方向変位測定結果

キーワード：耐震機能エスカレーター，静的载荷実験，動的加振実験

連絡先：〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-478 JR 東日本研究開発センター Tel(048)651-2552

3.2 ESC フレーム解析モデル

実験の結果、受梁固定部とピット補強部にも変位が生じることがわかったが、これらの変位においても評価するため、ベースを梁とした解析モデルを作成し、解析に反映させた。図-5に解析モデルを示す。

3.3 実験値と解析値の比較

前節の解析モデルを用いた解析結果と変位測定値を比較した結果を図-6に示す。なお、図-6は100kN圧縮時における右側上弦材の値(図-4に示すNo.参照)を示したものである。図-6よりY・Z方向とも測定結果と解析結果がよく一致することがわかる。

次に、同解析モデルを用いた解析結果と応力測定値を比較した結果を図-7に示す。図-7は図-5に示す上部折点部近傍の値を示したものである。図-7より応力についても測定結果と解析結果がよく一致することがわかる。

本報では、一例として上部折点近傍の応力データを示したが、他の箇所においても概ね同様な傾向であった。また、変位については圧縮側のみ示したが、引張側についても圧縮側と同様な傾向であった。

3.4 動的加振実験結果及びESCフレーム固有値の妥当性評価

動的加振実験では、加速度センサーを用いて固有値を求めた。また、モードは各測定点の相対位相と振幅から求め、減衰はハーフパワー法により求めた。表-2に測定結果と解析結果の固有値比較を示す。表-2より、フレームの各振動数と解析結果はよく一致していることがわかる。また、耐震ESCの運転中に共振など異常状態が発生しないこと及び各機器の取付け寸法等にも著しい変化がないことを確認した。

4.まとめ

以上のことから、本開発における実験、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。

静的載荷実験により、耐震ESCフレームの変形、応力とも実験結果に対し、ベースを梁モデルとした解析モデルにより精度よく評価できる。また、応力値はいずれの箇所も弾性範囲内であることを確認した。

動的加振実験により得られた固有振動数、モード、固有値とも解析により精度よく評価できる。

参考文献

1)吉田一 他:「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」土木学会,第62回年次学術講演会概要集 pp.993-994

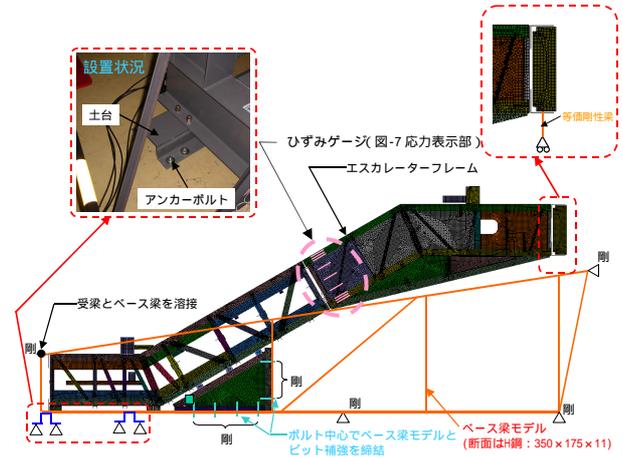
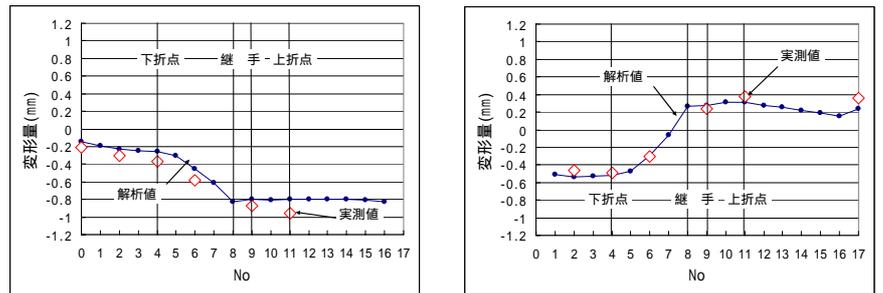
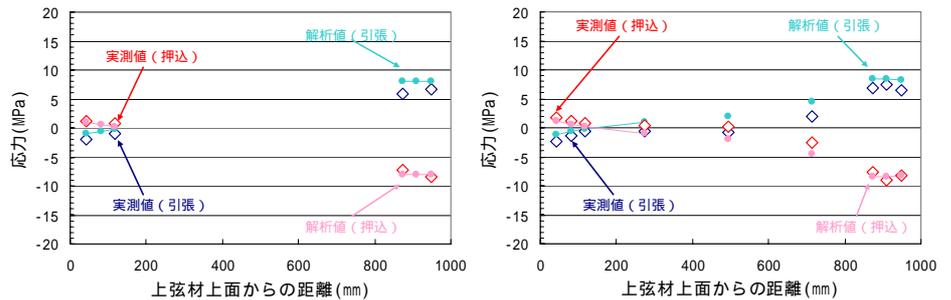


図-5 ESCフレーム解析モデル



(a)Y方向 (b)Z方向
図-6 100kN圧縮時の変位測定値と解析値の比較



(a)左側 (b)右側
図-7 上部折点近傍の応力比較

表-2 解析要素を考慮したフレーム解析モデル

次数	幅方向曲げ1次	幅方向曲げ2次	たわみ方向曲げ1次
モード図			
実測 固有振動数	6.5Hz	8.5Hz	14.8Hz
減衰比	0.058	0.053	0.105
解析 固有振動数	5.8Hz	7.3Hz	13.7Hz