

## 可動式ホーム柵を設置した盛土式乗降場の耐震補強に関する縮小模型実験



高橋 保裕\*1



和田 旭弘\*2

### Reduced-scale tests on seismic performance comparing non-reinforced and reinforced masonry train platforms with platform gates

Yasuhiro TAKAHASHI\*1, Akihiro WADA\*2

\*1 Assistant Chief Researcher, Structural System Design Unit of Research and Development Center of JR EAST Group

\*2 Chief Researcher, Structural System Design Unit of Research and Development Center of JR EAST Group

#### Abstract

In past large earthquakes, there have been instances of station platforms built with masonry construction collapsing and causing major damage. Station platforms are a place where passengers gather, with trains running in close proximity and thus the collapse of a station platform could pose danger to both trains and station users. We therefore believe that structural reinforcing is necessary for platforms of masonry construction to better withstand seismic activity. We conducted a shaking-table experiment on a model platform at 1g-force in the process of developing an effective seismic reinforcement method for embankment platforms equipped with platform gates. The experiment helped us understand the behavior that leads to collapse, based on which we proposed an effective reinforcement method and confirmed that the proposed methodology would be effective in seismically reinforcing train platforms of masonry construction.

●**Keywords:** Seismic performance, Platform, Platform edge doors, Shake table testing, Earthquakes

\*1JR東日本研究開発センター 構造システムデザインユニット 副主幹研究員  
\*2JR東日本研究開発センター 構造システムデザインユニット 主幹研究員

## 1. 緒言

過去の地震で組積式擁壁を有する盛土式乗降場（以下、盛土式乗降場）が多数被害を受けており、例えば2011年東北地方太平洋沖地震では20駅で組積式擁壁が建築限界を支障する被害を受けた（図1）<sup>1)</sup>。首都圏をはじめとした大都市圏にも盛土式乗降場は多数残っており、大規模地震時は同様に崩壊することが懸念された。そのため、首都直下地震に対する備えとして、既設盛土式乗降場の効率的な耐震補強方法が求められた。また大都市圏では可動式ホーム柵（以下、FD）の設置が進められていることから、FDを設置した状態における盛土式乗降場の耐震補強方法が求められた。

そのためFDを設置した場合の盛土式乗降場の耐震補強方法を開発し、縮小模型を用いた重力場の水平振動台試験を行い、その補強効果を確認した。



図1 組積式擁壁を有する盛土式乗降場の被災例

## 2. 盛土式乗降場に求められる耐震性能

当社の「旅客・保守施設構造物設計マニュアル」は適用範囲を「盛土式ホーム(組積式擁壁以外)」としており、組積式擁壁を有する盛土式乗降場の設計方法は規定されていない。そのため耐震補強工法の開発を行ううえで、目標とする要求性能を定める必要がある。今回の耐震補強工法の開発にあたっては目標値を、

1. 「構造物の建設時点で考えられる最大級の地震動」であるL2地震動を受けても組積式擁壁が一体性を保つこと、組積式擁壁が列車に衝突することがないように残留変位量が車両限界を支障しないこと
2. 「設計耐用期間内に数回程度発生する確率を有する地震動」であるL1地震動を受けても組積式擁壁が一体性を保ち、残留変位が建築限界を支障しないこと

と設定した。概要図を図2に示す。

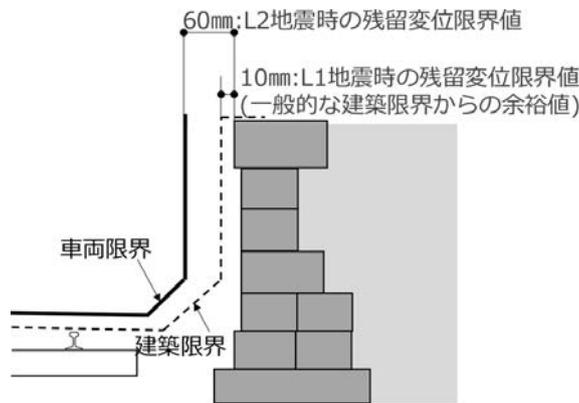


図2 今回設定した目標性能

## 3. FD盛土式乗降場における耐震補強方法

### 3・1 FD設置有無による補強方法の違いについて

現在、当社はFDの設置を推進中で、耐震補強が求められる盛土式乗降場の中に、今後FDを設置する駅と既にFDが設置されている駅が混在している。そのため、今後FDを設置する駅に対してはFD設置と同時に行う耐震補強方法を、既にFDが設置されている駅に対してはFDが設置された条件で実施可能な耐震補強方法を開発した。

### 3・2 FD設置と同時に行う耐震補強方法(貫通鉄筋補強)

盛土式乗降場にFDを設置する際、一般にFDの下に支点を設け(図3)、支点を擁壁と固定するために支点固定アンカーを打設している。このうち片側を基礎ブロックまで延伸し擁壁を貫通させると共に、線路方向にブロックをつなぐ金属プレートを設置することで耐震補強を行うものである(図4)。貫通鉄筋・金属プレートで組積擁壁の一体性を高めている。またRC板の存在により重心が背面盛土側に偏ることで転倒への抵抗性を高めている。以後、本耐震補強方法を貫通鉄筋補強と呼ぶ。

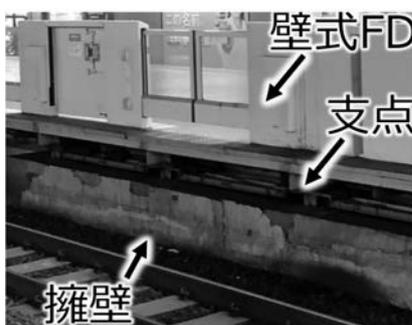


図3 FD設置状況

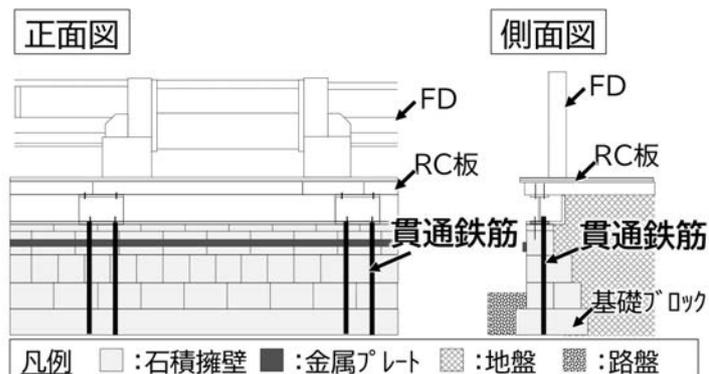


図4 FD設置と同時に行う耐震補強 概要図

### 3・3 FD設置後に行う耐震補強方法（防護塗膜補強）

近年施工されたFD設置駅ではFDに杭基礎が設けられていることが多く、この際は一定の耐震性を持つことが確認できている。一方、過去に施工されたFD盛土式乗降場の中にはFDに基礎がなくL2地震動に対応していないケースも存在する。そのため、FD設置済駅で施工可能な耐震補強方法が求められた。これに対して、前面防護塗膜と底面固定アンカーによる耐震補強を提案した。

組積式擁壁の路盤面より上を前面防護塗膜で一体化させ、また基礎ブロックと最下段の組積式擁壁間をアンカーで固定するのである。前面防護塗膜は人力運搬かつ短時間で塗布作業が可能なポリウレタ樹脂を想定しており、これによりFDを撤去せず、擁壁前面からの作業のみで耐震補強を行えるようにした。概要を図5に示す。以後、本耐震補強方法を防護塗膜補強と呼ぶ。

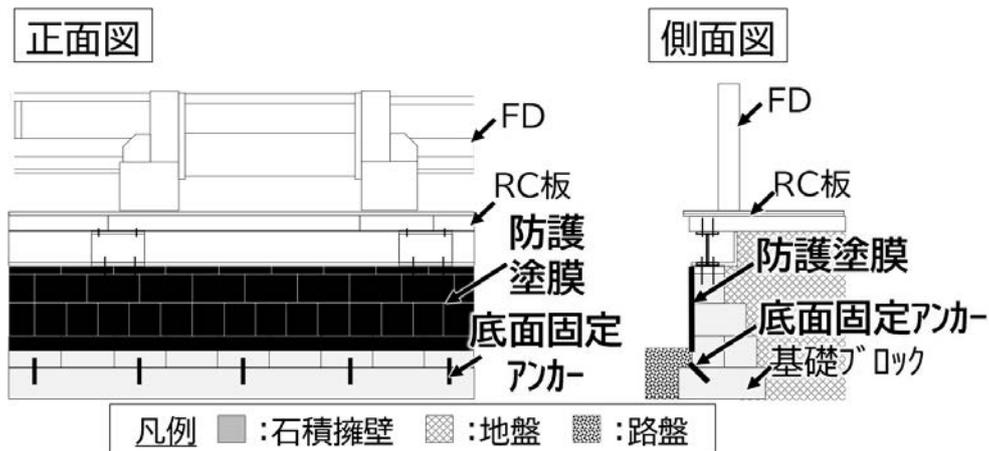


図5 FD設置後に行う耐震補強 概要図

### 3・4 試験方法

模型実験は、土槽（内幅2,500mm×内奥行1,000mm×内高1,500mm）内に、実物の1/3となるよう組積式擁壁および模型地盤の縮小模型を作製し、水平振動台装置を用いて重力場での加振を行った（図6）。1/3縮小模型作製に際しては、香川により提案されている重力場における相似則<sup>2)</sup>を用いた。

加振波については公益財団法人 鉄道総合技術研究所が公開している時刻歴波形データを用い<sup>3)</sup>、その中で加速度が最大となるG2地盤（洪積地盤）におけるL2地震動スペクトル1、スペクトル2を使用した。

なお、スペクトル1が海溝型地震 M8.0程度が60km離れて発生（宮城県沖地震等に近似）した場合を、スペクトル2が内陸活断層地震 M7.0程度が直下で発生（兵庫県南部地震等に近似）した場合を想定した波形である。

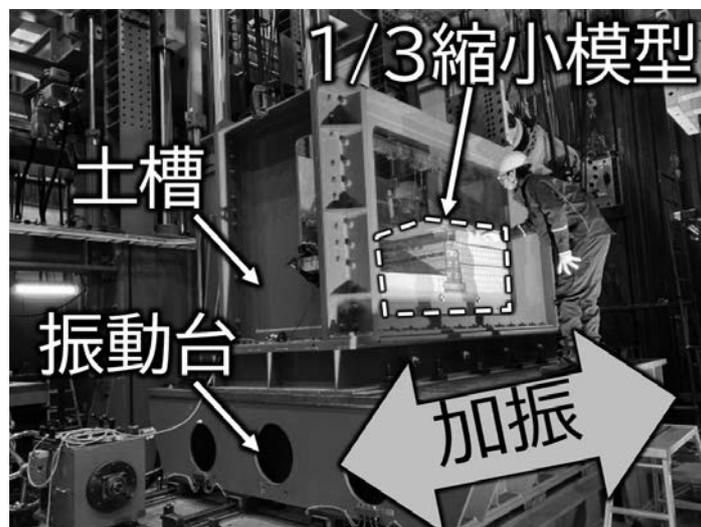


図6 水平振動台装置を用いた加振試験の概要

3・5 開発工法の補強効果

代表として、L2地震動スペクトル1を加振した際の試験結果を図7に示す。無補強時はL2地震動を受けて石積擁壁のブロック間で縁切れを起こして一体性を失った。また盛土背面も崩れ、乗降場として崩壊したと判断した。それに対して貫通鉄筋補強、防護塗膜補強とも加振後も石積擁壁が一体性を保ち、背面にもすべり線等の変状は見られなかった。

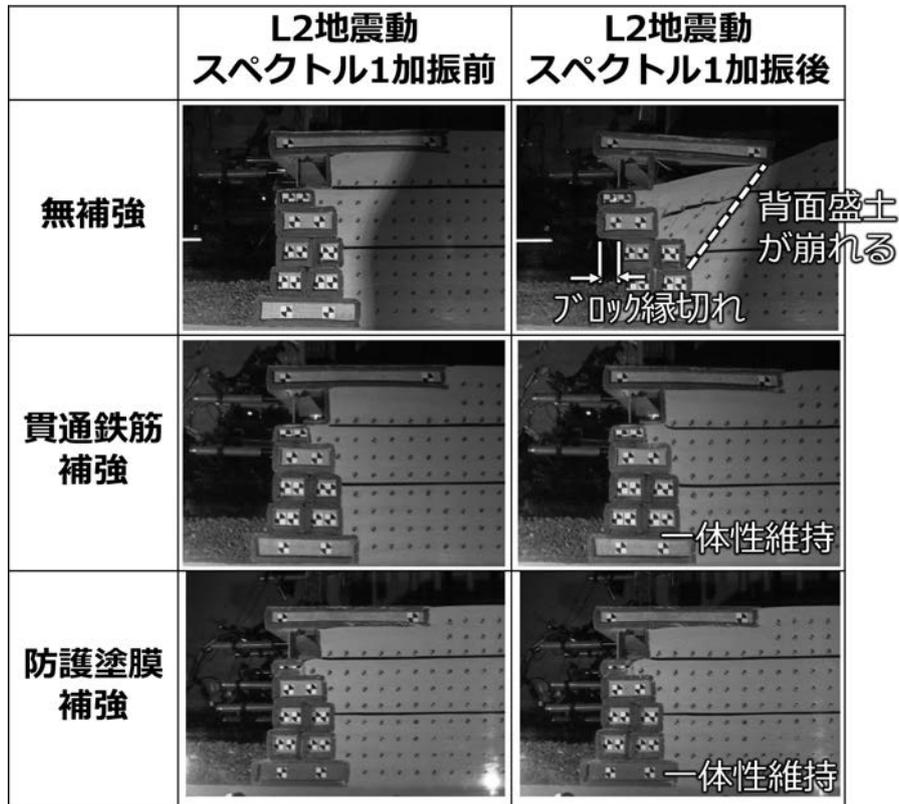


図7 加振前後比較写真

また、加振前後での残留変位量を図8に示す。1/3縮小模型のため、2章で定めたL2地震時の目標変位量60mm(実大時)に対し、1/3の20.0mmを縮小模型試験での目標値とする。無補強の場合、目標値20.0mmに対して73.0mmと目標値を超過したが、貫通鉄筋補強、防護塗膜補強は各最大7.5mm、2.7mmと目標値内に収まり、耐震補強効果が確認できた。

紙面上割愛するが、L2地震動スペクトル2の加振でも同様の耐震補強結果が得られた。またL1地震動に対してもいずれの耐震補強方法とも十分な耐震性能を示した<sup>4-6)</sup>。

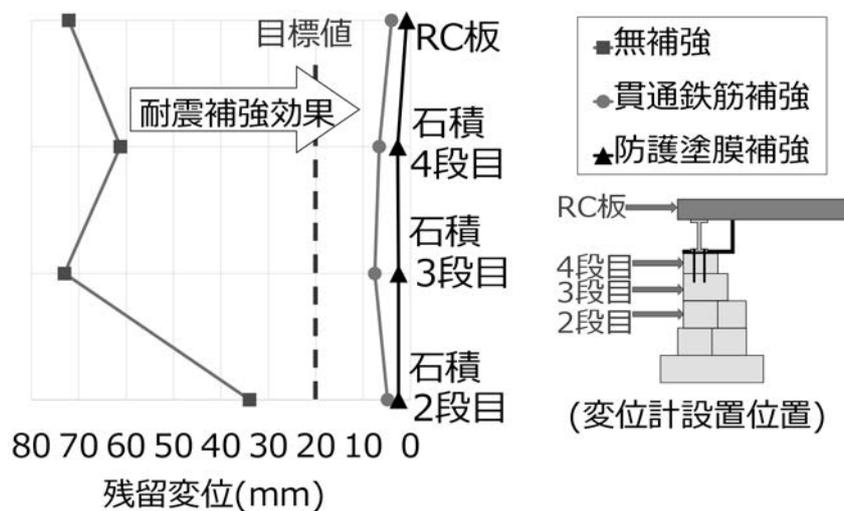


図8 残留変位量比較

## 4. 結言

盛土式乗降場については旅客保守施設マニュアルの対象外とされており、これまでL2地震動に対応した耐震補強方法が規定されていなかった。そのため今回、新たな耐震補強方法を開発した。これにより盛土式乗降場の安全性を向上させることができた。開発した工法については今後技術資料の整備を進め、将来的な耐震補強施策の中で展開していく予定である。

### 参考文献

- 1) 滝沢聡, 高崎秀明, 阿部慶太, 野本将太, 佐々木愛, 石橋誠司: 東北地方太平洋沖地震による盛土式乗降場の被害分析に関する一考察, 第74回土木学会年次講演会, 2019.9.
- 2) 香川崇章: 土構造物の模型振動台実験における相似則, 土木学会論文報告集, No.275, pp-69-77, 1978.
- 3) 公益財団法人 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善出版, 2012年(平成24年)9月
- 4) 滝沢聡, 野本将太, 阿部慶太, 中島進, 竹谷勉, 山本忠: 可動式ホーム柵を設置した盛土式乗降場の耐震性能に関する実験的研究, 土木学会論文集A1, Vol.77, No.4, pp.196-206.2021
- 5) 加藤精亮, 滝沢聡, 野本将太, 金城 雄也: 可動式ホーム柵を設置した盛土式乗降場の耐震補強に関する縮小模型実験(その1), 第77回土木学会年次講演会, 2022.9
- 6) 滝沢聡, 加藤精亮, 野本将太, 金城 雄也: 可動式ホーム柵を設置した盛土式乗降場の耐震補強に関する縮小模型実験(その2), 第77回土木学会年次講演会, 2022.9