

棒状補強材とアングル材を用いた組積盛土式ホームの耐震補強の設計法

鉄道総合技術研究所 正会員 ○阿部慶太 讃岐賢太 杉山健太 石井秀憲 中島 進
東日本旅客鉄道 正会員 滝沢 聡 野本将太 竹谷 勉 金城雄也

1. 研究の目的

過去の地震において、高さ 1.6m 程度の組積構造の盛土式ホーム（以後、組積盛土式ホーム）を構成する組積壁が転倒または傾斜する被害が確認されている。そこで、筆者らは、補強効果、施工性、経済性に優れた組積盛土式ホームの補強方法の開発を目的として、図 1 に示す棒状補強材、アングル材、前面防護膜を用いた補強方法の検討を行っている¹⁾。本研究では、組積盛土式ホームの補強設計が可能となるように、安定計算から求めた降伏震度と数値解析より作成した残留変位計算用ノモグラムを用いた組積盛土式ホームの補強設計法を提案することを目的とする。

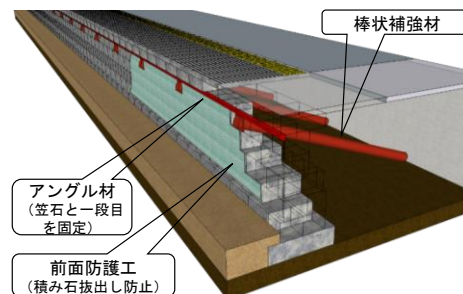


図 1 組積盛土式ホームの耐震補強方法

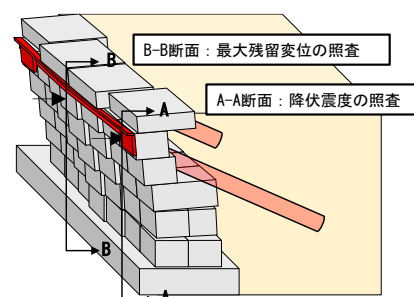


図 2 降伏震度と残留変位の照査位置

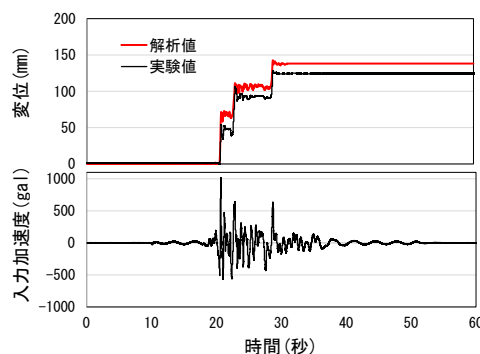
2. 安定計算による降伏震度の算定

はじめに、安定計算による組積盛土式ホームの変形が始まる水平震度である降伏震度の算定方法について説明する。既往の研究において、模型実験および数値解析により、組積盛土式ホームの崩壊形態として、ある積み石の前面側の支点を中心とし、支点より上の積み石群が一体となった形で転倒または滑動することを確認している¹⁾。そこで、各段の積み石の支点において転倒および滑動に対する安全率を計算し、その安全率が 1 になる時の水平震度を降伏震度として求める方法を構築した。さらに、本手法の有効性について、模型実験結果と比較を行い、概ね実験結果を再現できることを確認した²⁾。

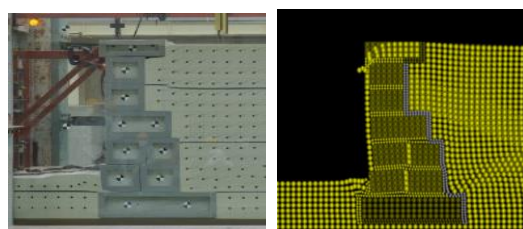
3. 数値解析結果を用いた最大残留変位の評価方法

模型実験や数値解析から、地震後の残留変位は図 2 に示すように棒状補強材が打設されていない箇所の中で最大になることを確認している^{1),3)}。よって、組積壁の転倒、滑動変位とともに、組積壁自体の変形に伴う残留変位も考慮する必要がある。そこで、組積壁の崩壊と背面盛土の大変形を扱うことが可能な Material Point Method (MPM)⁴⁾を用いてパラメトリックスタディを行い、最大残留変位量を求めることとした。

はじめに、数値解析手法の精度を検証するため、実物大補強模型に対する振動台実験の再現解析を行った。積み石間の目地部の強度については、実際の盛土式ホームの目地部の一面せん断試験のシミュレーションから、摩擦角 26.6° に相当する目地部での内部摩擦角として、 22.0° を用いた³⁾。図 3 に中央笠石位置での実験と解析から得られた水平変位の時刻歴と加振



(a) 中央笠石位置での変位の時刻歴



(b) 加振後の状況

図 3 Case4 の再現解析結果と実験値との比較

キーワード MPM, 組積構造, 盛土式乗降場, 耐震補強

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町二丁目 8 番 35 号 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部

後の状況を示す。変位が大きくなる状態まで再現できることを確認した。

この数値解析手法を用いパラメトリックスタディを行った。表1に解析パラメータを示す。背面盛土の粘着力については、1.0～4.0kPa（内部摩擦角は40.0°に固定）に変化させた。これは、実際の組積盛土式ホーム背面盛土の試料を用いた室内試験³⁾で確認された諸数値（種類：細粒分まじり砂質礫、粘着力：1.60kPa、内部摩擦角：45.0°）を踏まえ、鉄道土構造標準における土質1（盛土表層部、 $c=3.0\text{kPa}$ 、 $\phi=40.0^\circ$ ）相当として設定したものである。また、

入力地震動として、鉄道標準における L2SPI および L2SPII 地震動 G2 地盤（水平および鉛直動）を考慮した。図4に解析から得られた残留変位と安定計算で得られた降伏震度の関係（残留変位計算用ノモグラム）の一例を示す。

4. 組積盛土式ホームの耐震補強設計法のフロー

図5に安定計算から求まる降伏震度と残留変位計算用ノモグラムから求まる残留変位の照査による補強設計法のフローを示す。はじめに、補強仕様を設定し、作用と抵抗力を算定する。次に、安定計算手法により降伏震度を求め、地震動の最大水平震度と比較する。降伏震度が最大水平震度より小さい場合は残留変位計算用ノモグラムより対象地震動に対する最大残留変位量を求める。この最大残留変位量が建築限界や車両限界等から求まる制限値内にあることを照査する。なお、アングル材はボルトの引き抜き抵抗、せん断抵抗を考慮した照査を行い設計地震動相当が作用した状態でも破壊しないことを照査する。

4. まとめ

組積盛土式ホームの構造型式に応じた耐震補強設計が可能となるように、安定計算から求めた降伏震度と数値解析により作成した残留変位計算用ノモグラムを用いた組積盛土式ホームの補強設計法を提案した。

参考文献

1) 滝沢ら：組積構造の盛土式乗降場の耐震補強に関する実験的研究，土木学会論文集 A1, Vol.76, No.4, I_571-I_581, 2020 2) 杉山ら：大型型振動台実験による組積構造の盛土式乗降場の崩壊形態の検証と内的安定照査法による崩壊形態の再現解析，令和3年度土木学会全国大会 3) 阿部ら：無補強・補強時の組積構造の盛土式乗降場の耐震性能に関する解析的研究，土木学会論文集 A1, Vol.76, No.4, I_430-I_440, 2020 4) Sulsky, D. et al.: A particle method for history-dependent materials, Comput. Methods Appl. Mech. Eng., Vol. 118, pp. 176-196, 1994.

表1 パラメトリックスタディの解析パラメータ

	背面盛土	支持地盤	目地部
変形係数(kPa)	5.0×10^3	2.0×10^4	1.0×10^4
ポアソン比	0.30	0.30	0.30
粘着力(kPa)	1.0～4.0	6.00	0.0
内部摩擦角 ϕ (°)	40.0	45.0	22.0
密度(kN/m³)	15.9	17.3	22.5
ダイレイタンシー角(°)	0.0	0.0	0.0

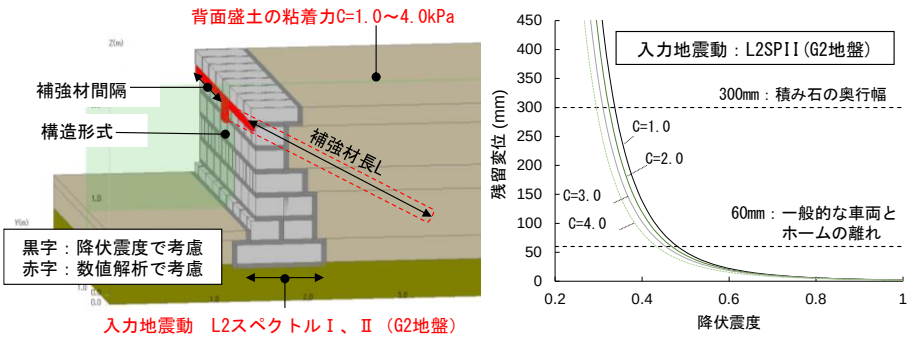


図4 残留変位計算用ノモグラムの一例

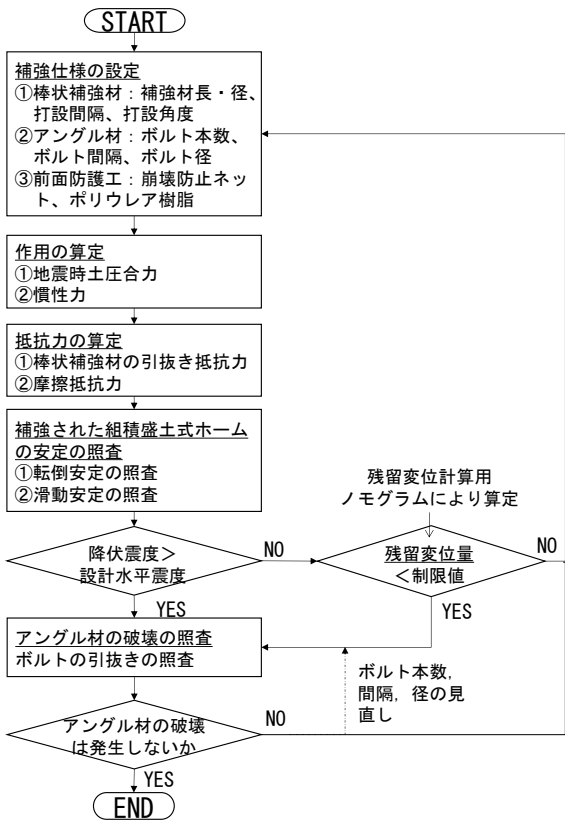


図5 耐震補強設計法のフロー