

ニューマーク法による補強土壁の耐震性評価

ヒロセ補強土 正会員 ○大谷 義則
 複合技術研究所 正会員 三平 伸吾
 東京大学 フェロー会員 古関 潤一

1. はじめに

鋼製帯状補強材による補強土壁工法¹⁾は、補強材と盛土の複合構造である柔構造により耐震性に優れることが大規模地震による震災被害調査²⁾により報告されている。補強土壁の設計において、性能設計の導入に伴う地震時の変形性能評価として、ニューマーク法を用いた変形解析を実施した。ここでは、分割型の壁面を有する補強土壁の動的遠心模型実験結果³⁾に対する変形解析の比較検証により、耐震性評価方法の有効性について報告する。

2. 解析の概要

(1) 解析法と解析条件

L2地震動における補強土壁の破壊モードを図-1に示す滑動・転倒、ハラミ出し、せん断変形のモードの組み合わせと想定した。

1) 滑動・転倒モード

補強土壁の地震時の滑動・転倒の評価式(1),(2)により、照査値 1.0とする降伏震度時のすべり土塊に対し、地震波を作用させて各モードの降伏震度 K_y を超える地震加速度について、ニューマーク法により各モードの変形量を算定する。

$$地震時滑動式: F_{SE} = \frac{H_{Ld}}{H_{RD}} = \frac{C \cdot L_B + \mu(W_1 + P_{AEV}) + \Sigma T_i}{\mu k_h W_1 + P_{AEh} + F_h} \quad (1)$$

$$地震時転倒式: F_{SE} = \frac{M_{Ld}}{M_{RD}} = \frac{\Sigma T_i \cdot x + W_w \cdot Y_w + P_{fv} \cdot Y_f + P_{bv} \cdot Y_b}{M_{P_f} + M_{WEQ} + M_F} \quad (2)$$

2) ハラミ出しモード

降伏震度以前の補強領域のはらみ出し変形をフレーム解析により算定している。図-3の分割パネルをピン結合で連結させ補強材を水平抵抗バネで模擬した解析モデルに対して、修正物部岡部土圧を作用土圧として考慮した。

3)せん断変形モード

補強領域のせん断変形は、図-7に示す背面補強領域の $SR-\theta$ 関係により評価する中島の提案法⁴⁾を用いて算定した。 $SR-\theta$ 関係は、背面補強領域底部に作用するせん断応力を上載圧により正規化したせん断応力比 SR と剛体の転倒角度 θ により示される。

4) 地震時の残留変形量

補強領域のハラミ出しおよびせん断変形の変形量に対して、滑動・転倒の変形量を足し合わせて、地震時の補強土壁の残留変形量であると仮定した。

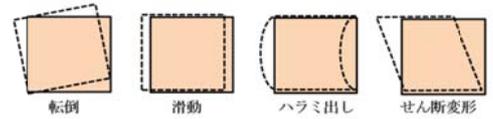


図-1 補強土壁の変形モード

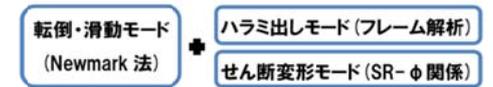


図-2 変形解析

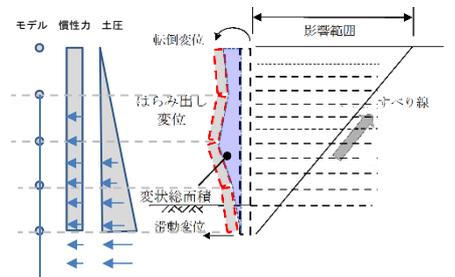


図-3 フレーム解析の概要

表-1 模型地盤の諸元

地盤区分	製作条件	物性値
補強土	東北珪砂7号	$\gamma_t = 14.8 \text{ kN/m}^3$
	相対密度	$\phi_d = 40.1^\circ$
盛土	$D_r = 80\%$	$C_d = 2.6 \text{ kN/m}^2$



写真-1 加振後の補強土壁模型の状況

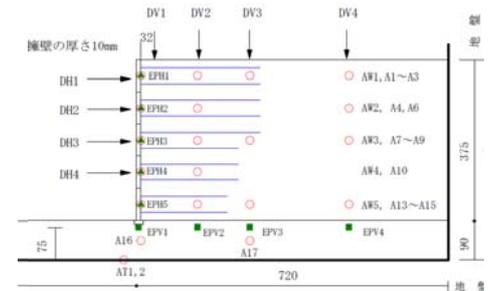


図-4 動的遠心実験の計測機配置

キーワード 補強土工法 ニューマーク法 耐震設計

連絡先〒020-0033 盛岡市盛岡駅前北通 4-1-13 橋市盛岡ビル ヒロセ補強土(株) TEL 019-604-6408

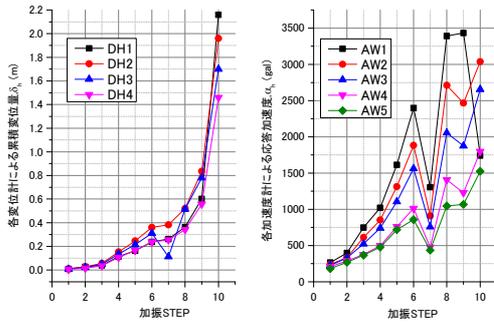


図-5 補強領域の応答変位・加速度の相関図

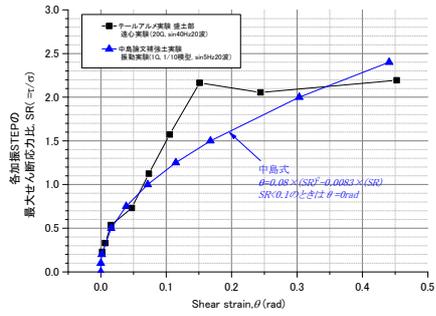


図-7 補強領域のせん断特性の相関

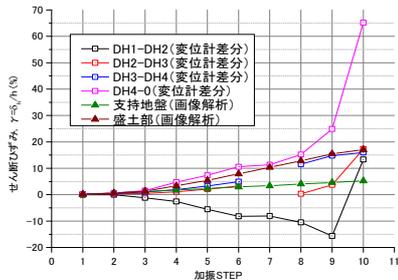


図-6 補強領域の累積せん断ひずみ

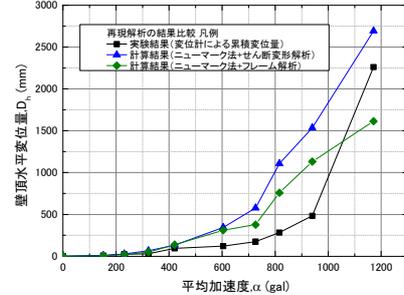


図-8 動的遠心実験と再現解析の比較

(2) 動的遠心模型実験との比較

鋼製帯状補強材による補強土壁を対象に動的遠心載荷実験を実施した。遠心装置の土槽内に表-1 に示す物性で作成した地盤により 1/20 スケールの壁高 7.5m に相当する補強土壁を構築した。

補強土壁 H=7.5m の耐震設計 (震度法-極限釣合い法) による補強材を図-3 に示す模型の配置設計とした。補強材長の設計法¹⁾は、それぞれ地震動時での”内的安定条件で設計引抜け安全率と最少長さの両方を満足する補強材長”としている。実験土槽に地震波を含む正弦波 20 波(周波数 40Hz) の主要動平均加速度の絶対値が最大 1171(gal)にわたる 10 ステップの加振を行った。(写真-1) 各ステップの加振による変位計位置での累積水平変位と応答加速度が図-5 に示される。図-6 に示す実験による累積せん断ひずみについてせん断応力比を図-7 に中島提案式と比較して示した。

3. 解析結果の分析

壁面頂部変形量について、ニューマーク法による滑動/転倒変形量に対して補強領域の変形をフレーム解析によるハラミ出し変形量を算定した残留変位量と、中島の提案法³⁾を用いてせん断変形量を算定した残留変位量について、それぞれ動的遠心実験の平均加速度と壁頂水平変位量の関係において比較して図-8 に示した。

動的遠心実験結果との比較においては、中島の提案法が大規模地震動レベルで遠心実験結果の再現性を確認し、中規模~大規模地震動のレベルにおいてはフレーム解析によるハラミ出しによる算定法が解析精度の高い結果となった。これは、せん断変形関係(SR-θ)の算定法が実験条件の仕様において補強材の影響を考慮しているものの、フレーム解析は補強材と分割パネルの影響を直接的に評価していることによると考える。

4. おわりに

動的遠心実験結果の比較検証によりニューマーク法による補強土壁の変形解析の有効性を確認した。ニューマーク法と分割パネルや補強材の構造を考慮したフレーム解析との組み合わせにより変形予測による性能設計が可能であると考えられる。実務設計においては、簡便なせん断変形関係(SR-θ)式による算定法については、特性の異なる地震動が作用した場合の事例収集とその分析による最適化が望まれる。

<参考文献>

- 1) (一財)：土木研究センター：補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル第4回改訂版, 2014.8.
- 2) 日本TA協会：補強土壁工法平成23年東北地方太平洋沖地震被災調査報告書(第3報), 2014.12.
- 3) 大谷他：鋼製帯状補強土壁工法の動的遠心模型実験による耐震性評価, 第48回地盤工学研究発表会, 2013.7.
- 4) 中島進：支持地盤と背面盛土の変形特性を考慮した擁壁の地震時残留変位量計算法の構築, 東京大学博士論文, 2008.2.