

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

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),3)}により報告されている。鋼製帯状補強材によ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提案している。分割型の壁面を有する補強土壁における動的遠心模型実験結果と地震被災調査結果に対する変形解析の検証による耐震性評価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。

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

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

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-2 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) 地震時の残留変形量

図-1 に示す補強領域の変形モードにおいて、滑動・転倒の変形量に、静的非線形梁バネモデルによるハラミ出しとして算定する変形量を足し合わせ、地震時の補強土壁の残留変形量であると仮定した。

3. 地震時挙動の再現解析

動的遠心模型実験と熊本地震被害調査を対象に提案法による再現解析を実施した。ニューマーク法による滑動/転倒変形量と、フレーム解析による壁面のハラミ出し変形量の残留変位量を評価した。

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 仙台市青葉区二日町 10-20 イマス二日町ビル ヒロセ補強土(株) TEL 022-265-6203

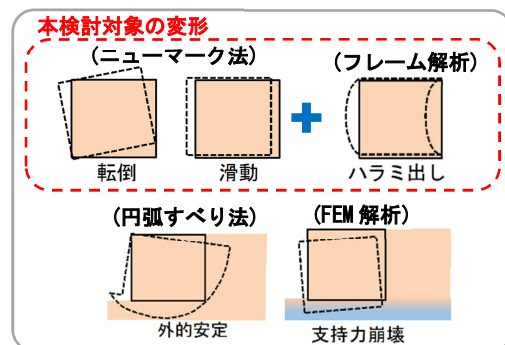


図-1 補強土壁の変形モード

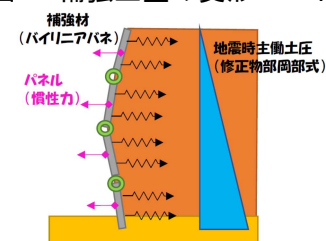


図-2 フレーム解析の概要



写真-1 加振後の模型変形状況

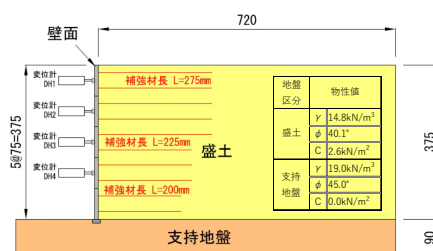


図-3 動的遠心実験の概要図

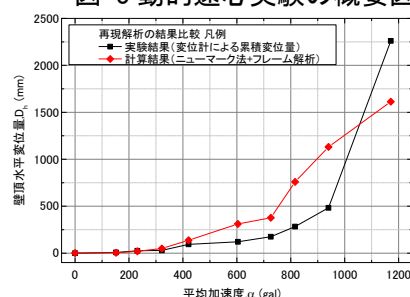


図-4 動的遠心実験と再現解析

(1) 動的遠心模型実験

1) 補強土壁を対象に動的遠心载荷実験⁴⁾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図-3に示す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。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)

2) 壁面頂部変形量について、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解析値と実験値を比較して図-4に示した。動的遠心実験結果との比較により、中規模～大規模地震動のレベルにおいては提案解析法によるハラミ出しによる補強材と分割パネルの影響を直接的に評価したフレーム解析法が解析精度の高い結果となった。

(2) 熊本地震被災調査

1) 2016年熊本地震における補強土壁を対象に震度5強以上の地域における被災調査³⁾を実施した。調査対象の395件に対して、無変形・部分的に軽微な損傷に留まるⅠ・Ⅱの385件(97.47%)と変形を確認するも構造物の機能を有するⅢ～Ⅵの7件(1.77%)とする調査結果より補強土壁の耐震性を確認した。ここで、大変形の発生を確認した損傷ランクⅥの3件の内、基盤層を含む全体すべりによるものでないと考えられる1事例についてニューマーク法による再現解析を実施した。本事例は、布田川断層帯から1.5kmに位置し、2.4km離れた南阿蘇村河陽での強震記録では、補強土壁の壁面の法線方向に最大加速度1253galを観測している。延長160m、最大壁高さ8.5mの補強土壁の被災状況として、道路上面の高さ、壁の水平変位、滑動変位、最下段壁面材の傾斜度を計測している。⁵⁾部分的に崩壊に達した区間を含め全長にわたる重力式基礎の変形・傾斜が認められなかったことにより、補強土壁部の地震動による変形を確認出来た。

2) 計測した断面の壁面残留変形量について、図-5に示す解析モデルに対して、入力する土質定数(表-2)を設定し入力地震動(図-6)による解析を実施した。解析による高さ方向の合計残留変形量の分布について、被害調査による計測結果と比較して図-7に示した。被災調査結果との比較において、提案法により崩壊に至っていない断面における分割壁による補強土壁の水平変位・変形はらみ出しモードを再現している。

表-2 入力土質定数

地層区分	N値	単位体積重量 γ (kN/m^3)	粘着力 C (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)
盛土層	-	19.3	2.0	41.7
地山層	2~50	16.0	15.0	30.0

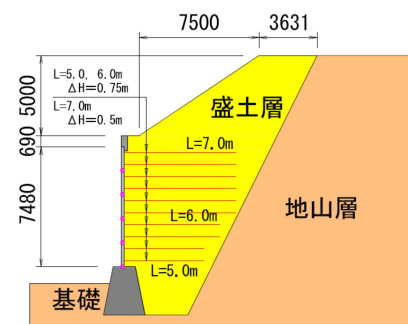


図-5 解析モデル

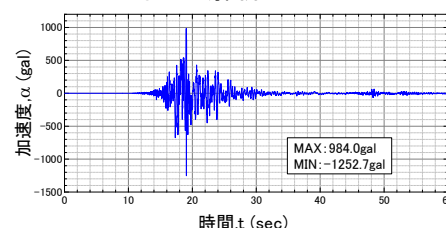


図-6 入力地震動

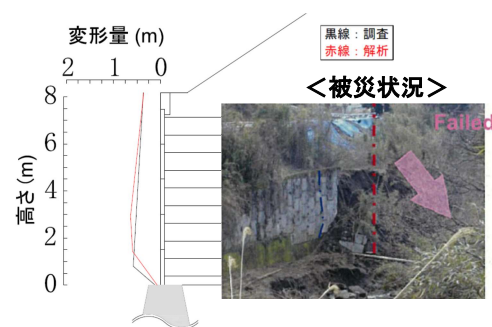


図-7 変状調査と解析結果

4. おわりに

動的遠心模型実験結果と熊本地震被災調査の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。支持地盤の性状に関わる安定や補強領域の背面の全体安定については留意するとともに、補強土壁の安定照査における補強領域の変形予測として、道路構造の機能による補強土壁の要求変形性能を定義し、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) (一社)日本テールアルメ協会：補強土壁工法平成28年熊本地震被災調査報告書(最終版), 2017.7
- 4) 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
- 5) 佐藤他：2016年熊本地震で被災した補強土壁における変状要因の分析, 地盤工学会第61回地盤工学シンポジウム論文集, 2018.11