

地震時における支圧抵抗と摩擦抵抗を組み合わせた補強土壁挙動と FEM 解析

矢作建設工業 正会員 ○武藤裕久・長沼明彦
名城大学 正会員 小高猛司・崔 瑛

1. はじめに

補強土壁はこれまでの巨大地震によって高い耐震性が示されている。しかしながら、擁壁としての機能を失うほどの被災事例は少ないものの、大きな変状などの事例は散見されるなど、補強土壁の耐震メカニズムについては不明確な部分が多い。

著者らは、支圧抵抗と摩擦抵抗を併用した補強材を用いた補強土壁¹⁾を仙台市内に構築し、長期観測を行っていたところ、地震による動的観測が得られた。既報^{2), 3)}にて、補強材軸力の地震時挙動について報告してきた。本報では、補強土壁の補強メカニズムを解明するため、FEM 解析による解析結果と計測結果との比較を示す。

2. 補強土壁および計測の概要

構造物全体の断面図および計測位置を図 1、施工完了状況を写真 1 に示す。構造物下部 2.4m は地山を模擬するため、セメントによる地盤改良を行い、アンカーで補強している。一方、構造物上部は補強材とパネルを用いた補強土壁構造となっている。本実験に用いた補強土壁工法の構造は、補強土壁前面に設置する PC パネルの中心に 1 本のタイロッドを連結し、そのタイロッドに支圧プレートと摩擦プレートを設置した 1 組の補強材から成る。この構造は、補強材抵抗として支圧抵抗と摩擦抵抗の両者が期待できることから、補強材密度が小さいという施工上の利点を持つ。それぞれのパネルに連結しているタイロッドには、ひずみゲージを 3 ヶ所 (図中 DR*ij*: *i*=3~6, *j*=W, C または P) 設置した。また、補強材 DR3 と同層に 1 軸加速度計を 3 台 (AC01~03)、補強土壁外の基礎地盤上に 3 軸加速度計を 1 台設置した。計 4 台 (6 測点) の加速度計の内、1 台でも ±5 μ (約±20cm/sec) 以上の値を感知した際に、その時点から 5 秒間の遡り、自動計測を開始し、150 秒間のすべての計測機器の記録を行う設定とした。

3. 解析モデルと入力地震動

今回の動的解析では、2次元 FEM 解析ソフトの Plaxis-2D を使用した。解析モデルを図 2、解析に用いた諸元を表 1 に示す。今回の解析では、基礎地盤を厚み、幅を 5.0m×80m とし、弾性体に設定した。地山を模擬した構造物下部の地盤は、構造物上部に使用した盛土材をセメント改良している。そのため、本解析では強固な地盤であると仮定し、弾性体とした。構造物上部の盛土地盤の構成則には Hs-small モデル、盛土部と PC パネルの間の 500mm の排水層にはモールクーロンモデルを使用した。タイバーや、支圧および摩擦プレートなどの構成部材はすべて弾性体とした。

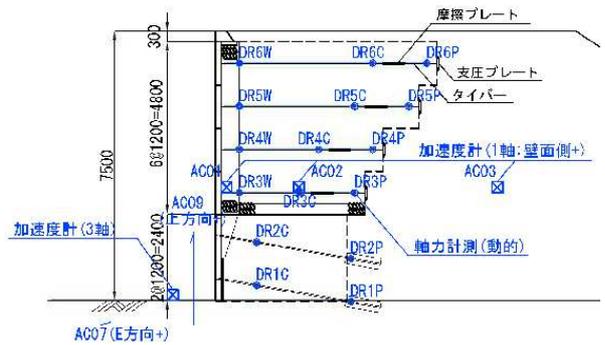


図 1 補強盛土壁内の計測機器の設置状況



写真 1 補強土壁の全景

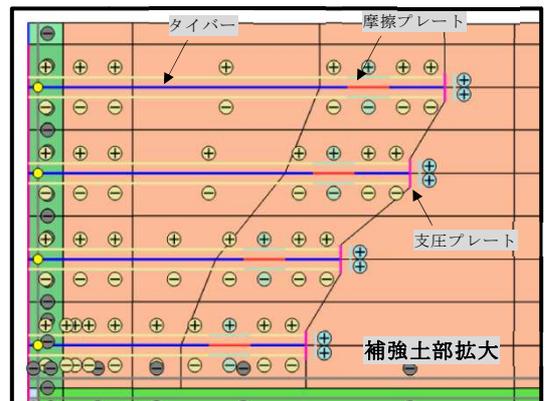


図 2 解析モデル (左上: 補強土壁部拡大)

Seismic behavior of a reinforcement earth wall using both friction resistance and bearing resistance and its FEM simulation. ; Hirohisa Muto, Akihiko Naganuma (Yahagi Construction Co.,Ltd.) , Takeshi Kodaka, Cui Ying (Meijo University)

解析に使用した地震動は、平成 24 年 8 月 30 日 4 時 5 分頃に宮城県沖を震源とした地震のうち、本現場で計測された地震波（計測開始から 16s~20s を抽出）である。地震動は、K-SHAKE（構造計画研究所）を用いて、基礎地盤上の加速度を引き戻し計算し、基礎地盤最下面に作用させた。なお、基礎地盤の境界条件は、下面は自由地盤、側面は粘性境界とした。

4. 解析結果

基礎地盤および補強土内の加速度の計測値と解析値の比較を図 3(1)~(5)に示す。図 3(1)は引き戻し計算から得られた本解析の導入加速度を示している。図 3(2)には基礎地盤上の加速度を示しており、実測値と解析値が一致していることがわかる。図 3(3)~(5)には壁面 (AC01)、補強土壁内 (AC02) および補強土壁外 (AC03) の加速度を示している。図に示すように波形はほぼ一致する傾向を示しているものの、それぞれ最大加速度は解析値が 3 割ほど大きな値となった。

補強材軸力増加量の経時変化を図 4 に示す。支圧プレート前面側 (DR*i*P, *i*=3~6) および摩擦プレート前面側 (DR*i*C, *i*=3~6) に発生した補強材軸力は、実測値と解析値の位相差は小さいが、振幅には相違がみられる。また、図 3(1)に示す入力波形が小さくなる動的解析時間 $s=2.5s\sim 4.0s$ において解析値の位相、振幅が大きく成る傾向を示した。壁面際 (DR*i*W, *i*=3~6) の補強材は加振初期には実験値が解析値を大きく下回る振幅を示す一方、加振後半では解析値のほうが振幅、位相とも大きくなる傾向を示した。補強材軸力の振幅は補強材深さが浅いほど大きな振幅を示しめした。

5. まとめ

本解析で設定した係数では、一部補強材振幅が一致することが確認できたものの、全測点には至っていない。今後、補強材軸力が補強土壁の変形および地盤内の応力状態に及ぼす影響を検討していく。

参考文献： 1) 長沼ら：支圧および摩擦プレートを併用した盛土補強土壁の補強材抵抗力の計測，第 47 回地盤工学研究発表会，2012。 2) 石樽ら：支圧および摩擦プレートを併用した盛土補強土壁の地震時挙動の観測，第 48 回地盤工学研究発表会，2013。 3) 古山ら：余震記録を用いた地震時に発揮される補強材力に関する考察，平成 25 年度土木学会中部支部，2014。

表 1 解析に使用した各係数

地盤		盛土地盤	盛土部排水層	改良体地盤	基礎地盤
構成モデル		Hs-small	MC	弾性体	弾性体
剛性	E_{50}	MN/m ²	6	—	—
	E_{oed}	MN/m ²	5	—	—
	E_w	MN/m ²	23	—	—
	E	MN/m ²	—	10	3.02E+05
ポアソン比	ν		0.2	0.3	0.3
	c	kN/m ²	0	80	—
強度	ϕ	°	35	40	—
	ψ	°	1.47	10	—
微小ひずみ	$\gamma_{0.7}$		1.00E-03	—	—
	G_0	MN/m ²	10	—	—
レイリー減衰	α		0.933	0.933	1.209
	β		9.65E-04	9.65E-04	7.19E-04

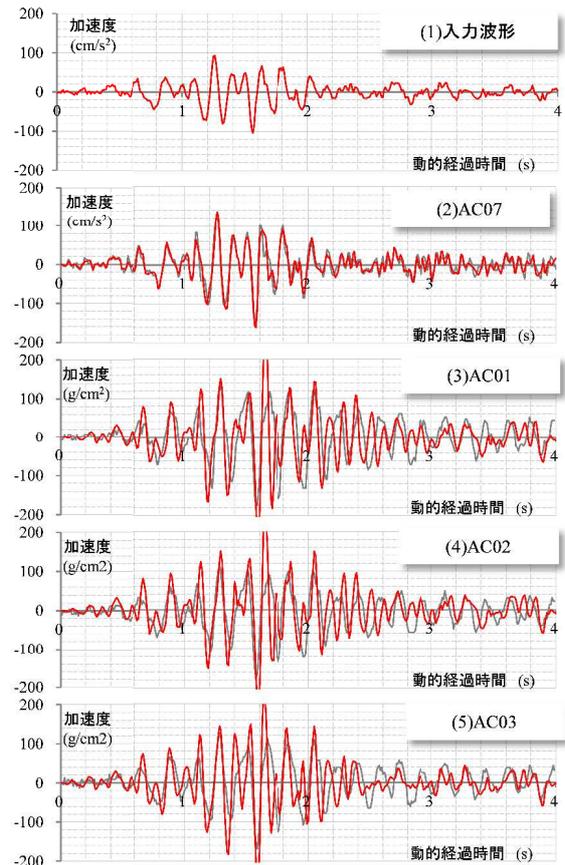


図 3 各加速度比較

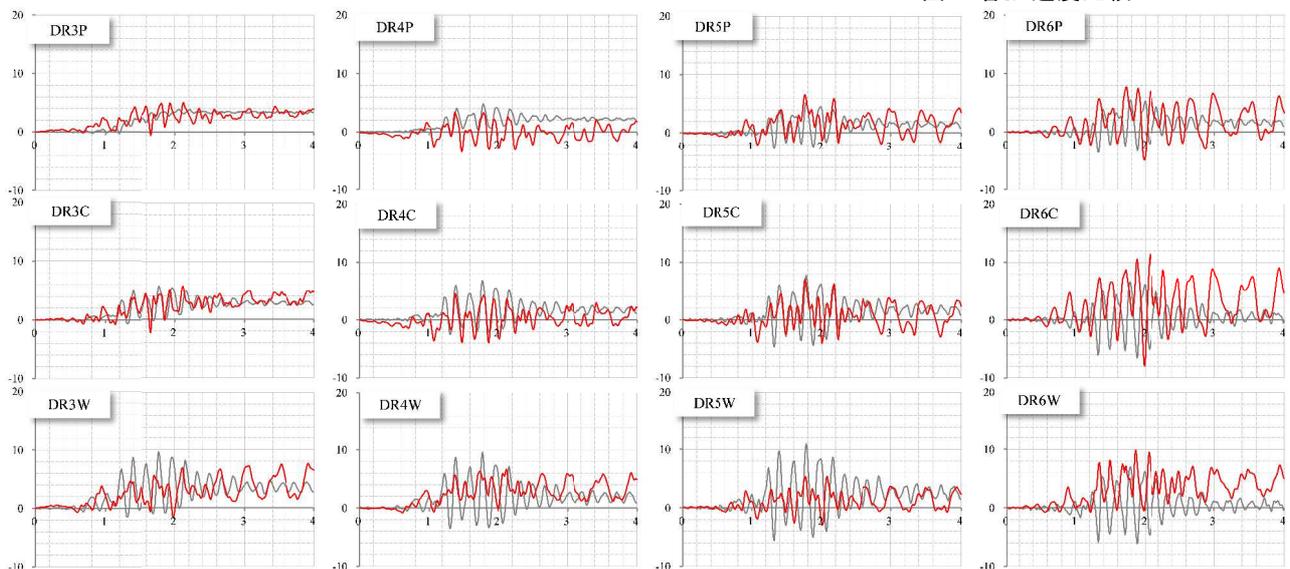


図 4 補強材軸力比較（縦軸：軸力増加量 (kN)、横軸：動的時間 (s)、赤線：解析値、黒線：計測値）