## 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(その3)

補強土壁, FEM 解析, 地震

1. **はじめに** 補強土壁工法の耐震性能は、実際の被災事例から高い ことが証明されているものの、加震中の挙動については明らかになっ ていない部分もある。著者らは、宮城県仙台市で支圧抵抗と摩擦抵抗 を組み合わせた補強材を用いた補強土壁の施工実験を行っていたとこ ろ、東北地方太平洋沖地震の余震により補強材軸力の動的データを採 取することができた<sup>1)</sup>。この結果を用いて、これまで2次元動的解析 による再現解析を行い、解析パラメータの妥当性について検証を行っ てきた<sup>2)3)</sup>。本論文では、再現解析で得られた解析パラメータを用いて 施工実験の補強土壁モデルにレベル2地震を作用させ、補強材軸力の 動的挙動について検討した結果を示す。

2. 施工実験の概要 施工実験で用いた補強土壁の全景を写真1、断面 図を図1に示す。今回の検証で用いた支圧抵抗と摩擦抵抗を組み合わ せた補強材を用いた補強土壁は、補強土壁前面に設置する PC パネル の中心に1本のタイバーを連結し、そのタイバーに支圧プレートと摩 擦プレートを設置した1組の補強材から成り、構造物上部4.8mに用 いた。一方で、構造物下部2.4mは地山補強土を模擬するため、セメ ント改良土とアンカーを組み合わせたものである。

3. 解析の概要 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。解析モデルの全景を図2、盛土地盤の解析パ ラメータを表1に示す。本解析では、基礎地盤および補強土壁下部が 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、 盛土部と PC パネル間の排水層はモールクーロンモデルを使用した。 盛土地盤の解析パラメータは標準貫入試験結果や三軸試験結果などを 用いて、決定した。タイバーの構成モデルは節点間アンカー、支圧お よび摩擦プレートは板材要素とし、すべて弾性体とした。また、既報 <sup>1)</sup>より加震中にはタイバーに摩擦力が発生することが確認されている が、本解析ではその摩擦力を考慮しないモデルとした。

本解析に用いた地震波形を図3に示す。ここでは、レベル2直下型 地震の兵庫県南部地震(以下、H7)および海溝型地震の東北地方太平 洋沖地震(以下、H23)の2つの地震波形を使用した。なお、図3(a) のH7の地震波は、0~12secを抽出し、使用した。



矢作建設工業㈱正会員〇武藤裕久・長沼明彦名城大学国際会員小高猛司



写真1 補強土壁の全景



<u>表1 解析に使用した各係数</u>

			補强工堂工部			
			3層目	4層目	5層目	6層目
弾性係数	Ε	$MN/m^2$	196	169	129	106
粘着力	с	kN/m <sup>2</sup>	10	10	10	10
内部摩擦角	φ	0	40	40	40	40
ダイレイ タンシー角	Ψ	0	10	10	10	10
レイリー	α		0.02	0.02	0.02	0.02
減衰	β		0.02	0.02	0.02	0.02



(b)H23

240

t (sec

180

Seismic behavior of a reinforcement earth wall using both friction resistance and bearing resistance and its FEM simulation (part3). ; H.Muto, A.Naganuma (Yahagi Construction Co.,Ltd.) , T.Kodaka (Meijo University)

**4. 解析結果 図2**に示す3、6段目の補強材軸力の変化量 $\Delta T_{Bi}$ 、  $\Delta T_{Ci}$ および移動平均 $\Delta M_{Bi}$ 、 $\Delta M_{Ci}$  (*i*=3、6)の時刻歴結果を図 **4**(a)~(h)に示す。ここでは、加震初期(*t*=0sec)時からの変化 量を示している。H7 および H23 ともに補強材の設置深さ *h* によらず、 $\Delta T_{Bi}$ 、 $\Delta T_{Ci}$ は増加している。加震中に補強材に囲 まれた領域の地盤が変形したことにより、補強材軸力が増加 したと考えられる。この結果から補強材が抵抗力を発揮した ことで加震中の地盤変形を抑制したことを示唆している。

次に、移動平均 $\Delta M_{Bi}$ 、 $\Delta M_{Ci}$ と補強材軸力の変化量 $\Delta T_{Bi}$ 、 $\Delta T_{Ci}$ の差を補強材軸力の振幅量 $\Delta TM_{Bi}$ 、 $\Delta TM_{Ci}$ として図 5(a)~(h)に示す。図に示すように $\Delta TM_{Bi}$ 、 $\Delta TM_{Ci}$ は、補強材の設置深さ h が浅いほうが大きい( $\Delta TM_{B6} > \Delta TM_{B3}$ 、 $\Delta TM_{C6} > \Delta TM_{C3}$ )。この結果は加震中に補強土壁上部ほど大きな変形が発生することを示唆している。

次に、支圧抵抗成分と摩擦抵抗成分の変化量 $\Delta P_{bi}$ 、 $\Delta P_{fi}$ および移動平均 $\Delta M_{bi}$ 、 $\Delta M_{fi}$ の時刻歴結果を図6(a)~(h)に示す。 ここで、支圧抵抗成分の変化量 $\Delta P_{bi}$ は支圧プレートが発揮する抵抗力であり、 $\Delta T_{Bi}$ の値とした。一方、摩擦抵抗成分の変 化量 $\Delta P_{fi}$ は摩擦プレートが発揮する抵抗力であり、 $\Delta T_{Bi}$ と $\Delta T_{Ci}$ の差とした。図に示すように H7、H23ともに $\Delta P_{bi}$ は増加傾向にあるが、 $\Delta P_{fi}$ は減少傾向が示した。しかしながら、 $\Delta P_{fi}$ は振幅を示しており、加震中にも摩擦抵抗成分が抵抗力を発揮していることがわかる。

また、補強材軸力の振幅量と同様に各抵抗成分の変化量  $\Delta P_{bi}$ 、 $\Delta P_{fi}$  と移動平均 $\Delta M_{bi}$ 、 $\Delta M_{fi}$ の差を各抵抗成分の振幅量  $\Delta PM_{bi}$ 、 $\Delta PM_{fi}$ として図7(a)~(h)に示す。図に示すように $\Delta PM_{fi}$ は、補強材の設置深さhが深いほう( $\Delta PM_{f6} < \Delta PM_{f3}$ )が、 $\Delta PM_{bi}$ は、補強材の設置深さhが浅いほうが大きな( $\Delta PM_{b6} > \Delta PM_{b3}$ ) 振幅を示すことが明らかとなった。この結果は既報<sup>1)</sup>の動的 計測結果と同様に傾向であり、レベル2地震が作用した場合 も補強材の設置深さhが深い場合には摩擦抵抗成分が、浅い 場合には支圧抵抗成分が効果的に抵抗力を発揮することが明 らかとなった。

加震後の壁面の水平変位は H7 および H23 ともに大きな違 いが見られなかった。なお、加震後の壁面材の最大水平変位 は $\delta_x$ =12.2mm (H7)、 $\delta_x$ =15.5mm (H23) であった。また、壁 高で正規化した水平変位 $\delta_x/H$  は 0.25% (H7)、0.32% (H23) であり、小さな変位量であったといえる。

5. **まとめ** 本論文では支圧抵抗と摩擦抵抗を組み合わせた 補強材を用いた補強土壁にレベル2地震を作用させた解析結 果を示した。その結果、補強材の設置深さが深い場合には摩 擦抵抗成分が、浅い場合には支圧抵抗成分が効果的に抵抗力 を発揮する加震中の補強材抵抗力の発生機構が明らかとなっ た。またレベル2地震に対しても、変形量が小さく高い耐震 性能があることが示された。

参考文献: 1) 武藤ら:2011 年東北地方太平洋沖地震の余 震時の補強土へ着における補強材の支圧抵抗と摩擦抵抗の動 態観測、土木学会論文集 C、2017. 2) 武藤ら: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、第 51 回地盤工学研究発表会、2016. 3) 武藤ら: 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 (その2)、第 52 回地盤工学研究発表会、 2017.

