補強土壁における補強材軸力の動的挙動と FEM 解析

矢作建設工業株式会社	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**補強土壁は過去の巨大地震による被災事例などから高い耐震性が示されている。しかしながら、 部分的に変状するなど耐震性に対する補強メカニズムが明確でないため、その補強メカニズムを明確にする

ことが、補強土壁の耐震性を評価するためには重要である。

著者らは、支圧抵抗と摩擦抵抗を組み合わせた補強材<sup>1)</sup>(以 下、併用補強材)を用いた実大実験により、地震時の補強材軸 力の計測データ<sup>2)3)</sup>を得ることができた。本稿では、得られた計 測データを用いて FEM による再現解析を行った。

2. 補強土壁および計測の概要 補強土壁の全景を写真 1、断 面図および計測位置を図1に示す。本補強土壁は下部と上部で 構造が異なるが、ここでは補強土壁上部の補強材軸力に着目す る。補強土壁上部の構造図を図2に示す。計測はそれぞれのタ イバーにひずみゲージ(DR3~6W~DR3~6P)を3ヶ所、補強材 DR3 と同層に1 軸加速度計(AC01~03)、基礎地盤上に3 軸加 速度計を設置した。本計測では加速度計が $\pm 5\mu$ (約 $\pm 20$ cm/sec) 以上の値を感知した際に、自動計測・保存を開始する設定とし た。なお、補強土壁下部は地山を模擬するため、セメントによ <u>m速度計(3軸</u>) る地盤改良とアンカーによる補強を行っている。

3. 解析モデルと入力波形 本解析では,2次元 FEM 解析ソフ トの PLAXIS-2D を使用した。解析モデルを図 3、解析に用いた 各係数を表1に示す。補強土壁下部はセメント改良して強固な 地盤であると仮定し、線形弾性体とした。補強土壁上部の盛土 層および排水層の構成則はモールクーロン、構成部材であるタ イバーは節点間アンカー、表面保護パネルや支圧および摩擦プ レートは板材(BEAM 要素)の弾性体とした。今回の地震時計 測ではタイバーによる摩擦力が計測された<sup>4)</sup>が、本解析では支 圧および摩擦プレートの各力の検討に着目するため、タイバー による摩擦力を考慮しないモデルとした。なお、支圧および摩 擦プレートにはインターフェースを設定している。

本解析では平成 24 年 8 月 30 日 4 時 5 分頃に発生 した宮城沖を震源とする地震動を、K-SHAKE (構造







図1 補強土壁内の計測機器の設置状況





計画研究所)を用いて引き戻し計算を行い、基礎地盤 底面に作用させた。作用させた入力波形を図4に示す。 4. 計測結果と解析結果の比較</u>地震時における補強 材軸力の変化量ΔPと動的経過時間 t の関係を図 5(a)に 示す。ここでΔPは t=0s 時の補強材軸力 P を初期値と して、そこからの変化量を示している。計測値ΔP は DR3P 以外の計測位置は大きな振幅がみられるが、 DR3P は振幅量が小さく増加する傾向がみられた。一 方、解析値はすべてのΔP で大きな振幅がみられる。実 測値と比較し、位相差も小さく DR3P 以外はおおよそ 一致した傾向が見られる。

次に支圧および摩擦プレートが発揮する抵抗力について検討する。支圧および摩擦抵抗成分の変化量 $\Delta P_B$ 、  $\Delta P_F$ を図 5(b)および(c)に示す。ここでも t=0s 時の各抵抗成分  $P_B$ 、 $P_F$ を初期値とし、そこからの変化量を示している。また、支圧抵抗成分  $P_B$ は DR3~6P、摩擦抵

表1 解析に用いた各係数

名称		基礎地盤	補強土壁下部	排水層	盛土材			
材料モデル		線形弾性	線形弾性	MC	МС			
不飽和密度	$\gamma_{\mathrm{unsat}}$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	20	19		
飽和密度	$\gamma_{\rm sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	20	19		
間隙比	e <sub>init</sub>		0.5	0.5	0.5	0.65		
減衰	α		1.209	0.04189	0.00838	0.04189		
	β		0.000719	0.00212	0.01061	0.00212		
弾性係数	E'	MN/m <sup>2</sup>	477.1	200	15.38	92.31		
ポアソン比		v'	0.3	0.3	0.3	0.3		
粘着力	c <sup>ref</sup>	MN/m <sup>2</sup>			10	10		
内部摩擦角	φ	0			50	38		
ダイレイタンシー角	V	0			10	10		



図4 基礎地盤底面に作用させた入力波形

抗成分  $P_F$ は DR3~6P と DR3~6C との差分とした。各抵抗成分の計測値と解析値の波形は位相差が少なくほ ぼ一致している。 $\Delta P_B$ の振幅は実測値より解析値のほうが大きく、 $\Delta P_F$ の振幅は解析値より実測値のほうが 大きくなる傾向がみられる。しかしながら、補強土壁上部の補強材では支圧抵抗成分の振幅、下部では摩擦 抵抗成分の振幅が計測値、実験値ともに大きくなる傾向が見られた。このことから、本解析モデルでは摩擦 抵抗成分 $\Delta P_F$ の効果が小さくなる傾向を示すものの、補強材の設置位置(深さ)の違いによる支圧および摩 擦抵抗成分の効果を再現することができた。

**5. まとめ** 本解析では、支圧および摩擦抵抗成分の分担比率の再現が評価できていないため、今後その抵抗成分の負担比率の精度を上げ、本補強土壁の補強メカニズムを解明していく。

【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)石槫ら: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、2014.4)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.



図5 地震時における補強材軸力と各抵抗成分の変化量(灰色:計測値、赤色:解析値)