

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¹⁾(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²⁾³⁾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 $\pm 20\text{cm/sec}$) 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⁴⁾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

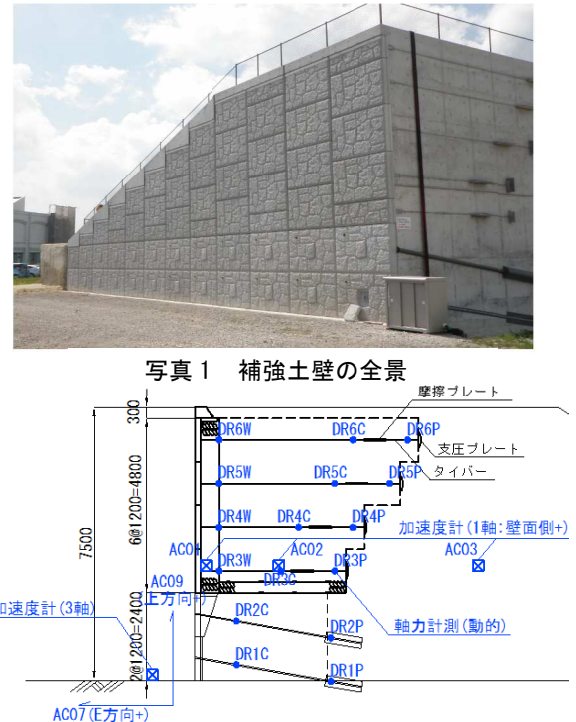


図 1 補強土壁内の計測機器の設置状況

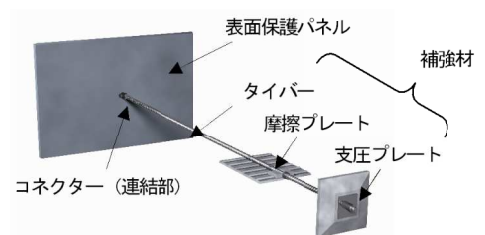


図 2 構造図

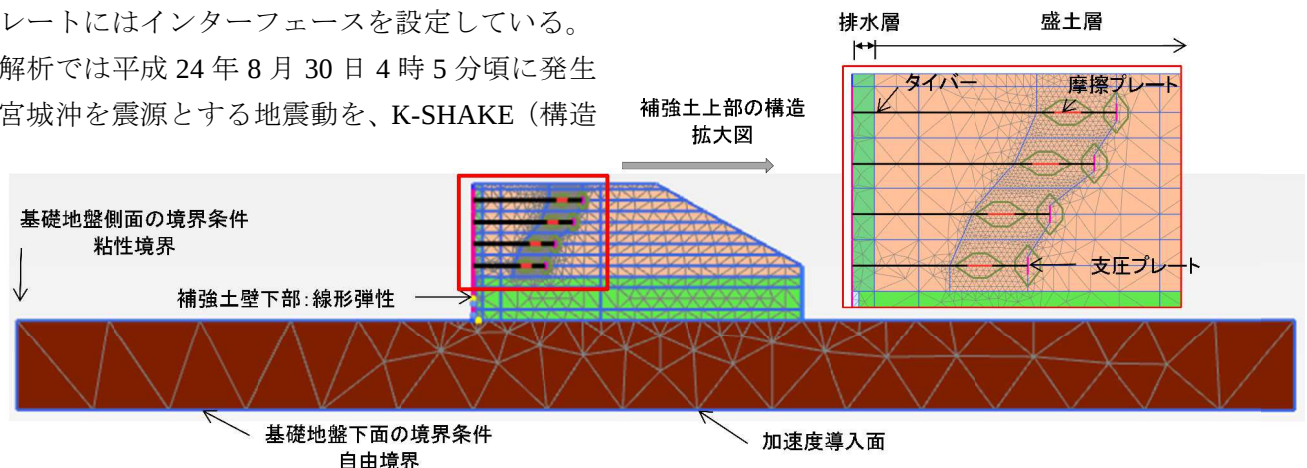


図 3 解析モデル

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 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 ΔP_B 、 ΔP_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。 ΔP_B の振幅は実測値より解析値のほうが大きく、 ΔP_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 ΔP_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) 石博ら：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.

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	MC
不飽和密度	γ_{unsat} kN/m ³	20	20	20	19
飽和密度	γ_{sat} kN/m ³	20	20	20	19
間隙比	e_{init}	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 ²	477.1	200	15.38	92.31
ポアソン比	ν'	0.3	0.3	0.3	0.3
粘着力	c^{ref} MN/m ²			10	10
内部摩擦角	ϕ °			50	38
ダイレイタンス角	ψ °			10	10

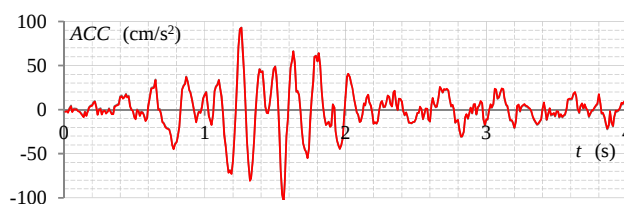


図 4 基礎地盤底面に作用させた入力波形

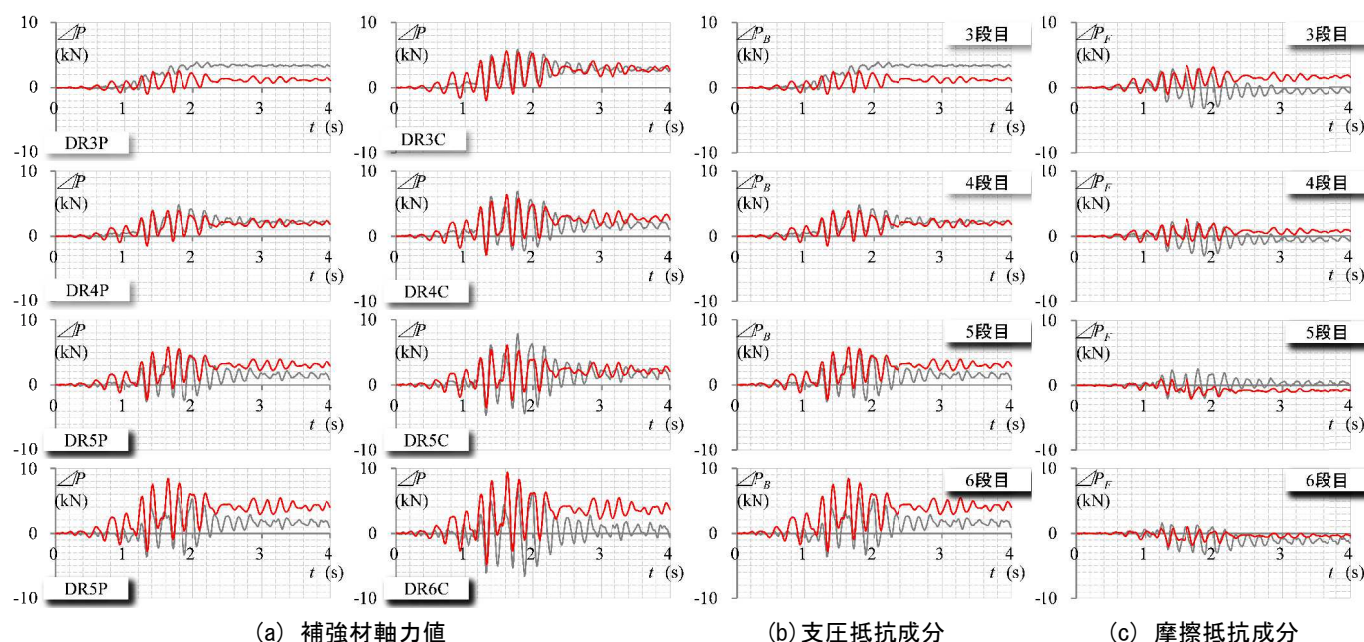


図 5 地震時における補強材軸力と各抵抗成分の変化量 (灰色：計測値、赤色：解析値)