ジオグリッドとコンクリートパネルからなる補強土擁壁の振動台模型実験の有限要素シミュレーション

群馬大学大学院　学生会員　○五味渕　裕一
群馬大学　正会員　若井 明彦　鵜飼 恵三
㈱ブリヂストン　正会員　天野 正道
㈱カイエーテクノ　非会員　飯塚 豊

１．目的

本研究では，振動台を用いた小型模型実験とその小型模型を対象とした振動解析を行った．このように，実験と解析の両面からジオグリッドを用いた補強土擁壁を検証することにより解析の有効性を確認し，実際の現場への導入を目的としている．

２．実験の概要

模型擁壁の諸元を図 1 に示す．パネル 2 枚及び各パネルと結合された補強材 2 枚からなる単純な構造の模型擁壁を作成した．パネルを模擬するために木製合板を，パネルとジオグリッドを結合する部分には実際の擁壁の条件とほぼ等しくなるような鍵型フックを用いてピン条件で結合されている．また実際の擁壁と同様にパネルとパネルの接合部分に固定用鋼材と土漏れ防止ゴム材を用いた．ジオグリッドは実際の擁壁と同じく高密度ポリエチレン（HDPE）製のものを使用し，実際に用いられるジオグリッドより若干剛性が小さな規格の製品を使用した．地盤については，気乾状態の小名浜砂を空中落下させることにより，ほぼ均質な地盤（平均の単位体積重量は 15.6 kN/m^3）を作成した．振動台の入力水平加速度は周波数 5Hz の正弦波に近い規則波形である．

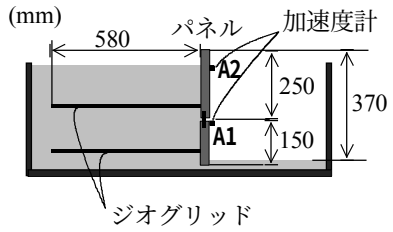


図 1　小型模型の諸元.

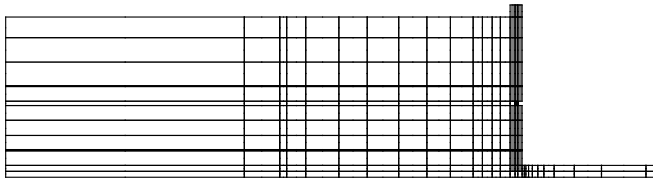


図 2　有限要素メッシュ図.

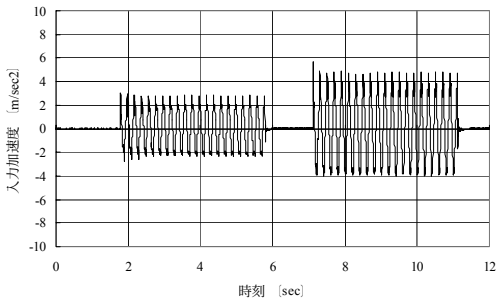


図 3　入力加速度の一例.

３．動的弾塑性有限要素法（FEM）の概要

解析に用いた 2 次元有限要素メッシュを図 2 に示す．奥行き方向については，単位幅あたりの剛性に着目して複合材料を等価均一化した．動的解析では側方端部における反射波の影響が懸念されることがあるが，今回は解析領域の端部を擁壁位置から十分に離すことで反射波の影響をなるべく小さくした．解析に適用した材料定数の一覧を表 1 に示す．ジオグリッドと結合フックについては弾完全塑性体を仮定し，解析の簡単化のため，室内試験結果などに基づいて単純なモデル化を採用した．また，ジオグリッドの水平長さが地震時挙動に与える影響を検討するため，ジオグリッドの水平長さを変化させた解析も行った．盛土のヤング率は拘束圧の平方根に比例する関数を適用することにより再現した（$E = 20300\sqrt{p/p_0}$，初期平均主応力：p (kPa)，$p_0 = 1.0$ (kPa)）[*1]．最後に解析方法であるが，地盤は弾完全塑性体，擁壁は弾性体と仮定し，盛土材には鵜飼・若井による簡易繰返し載荷モデルを適用した[1)]．振動解析に用いた正弦波の例を図 3 に示す．また，Rayleigh 減衰の値を周波数領域 0.2～2.0s で 3%程度を確保する値として仮定した．

キーワード　地震，補強土，ジオグリッド，コンクリートパネル，有限要素法

連絡先　〒376-8515　群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学建設工学科 大学院生 五味渕裕一 Tel 0277-30-1624(若井気付)

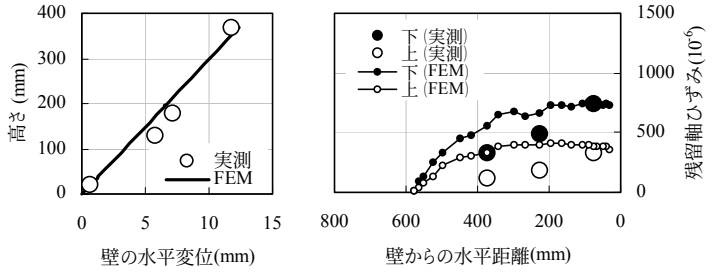
４．実験・解析結果及び考察

振動終了後の壁面の残留変位及びジオグリッドに生じた軸ひずみの分布図を図 4 に示す. 今回はジオグリッドの変形係数を決定する際に，単位奥行きあたりに等価均一化した．しかし，微小ひずみ領域では過小評価されている可能性があり，実際の変形係数はより大きな値となることが予想される．紙面の都合上，単位奥行きに換算した変形係数よりもやや大きめな値での結果のみを示させて頂く（基本ケース）．壁の傾斜量は実験と解析で良く一致している．一方，ジオグリッドの軸ひずみ分布に関しては，上下どちらも，解析は実験を過大評価しているものの, 壁から離れるにつれてひずみ値が小さくなる傾向等は実験と解析で一致している. なお, ジオグリッドの降伏ひずみは約 5%であるため，降伏していないことが確認された．また，上下のジオグリッドの水平長さを図 1 の半分の長さとしたケースでの結果を図 5 に示す（短縮ケース）．基本ケースと同様にジオグリッドの変形係数をやや大きな値とした．基本ケースに比べて，壁の傾斜量は 2 倍程度に増大していることが分かる．一方，長さの短くなったジオグリッドの残留ひずみ値は，図 4 のケースに比べて小さくなった．これはジオグリッドの引張り抵抗力が十分に発揮されていないことを意味する．

以上のことより，ジオグリッドと一体化した地盤の挙動, 地盤と一体化したジオグリッドの力学特性を表現するためには，各部材のより高度なモデル化が望まれる．

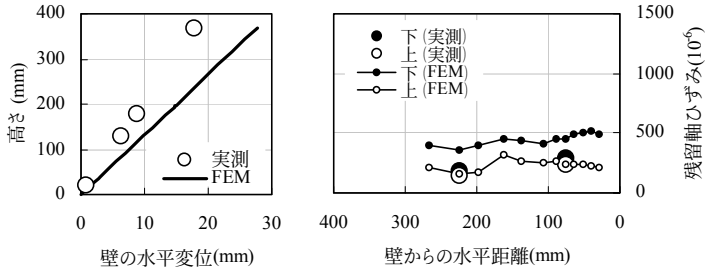
表 1　材料定数の一覧表.

	φ 〔deg〕	ψ 〔deg〕	E 〔kPa〕	ν	c 〔kPa〕	γ 〔kN/m^3〕	b・γ_{G0}	n
ジオグリッド	0	0	281300	0.15	1.0×10^{20}	10	-	-
フック	0	0	364000	0.15	1.0×10^{20}	10	-	-
木材	0	0	6.7×10^{6}	0.3	1.0×10^{20}	5.54	-	-
鉄筋*	0	0	4.6×10^{6}	0.3	1.0×10^{20}	17.66	-	-
ゴム	0	0	4500	0.15	1.0×10^{20}	16	-	-
盛土	42	0	*1	0.3	0	15.6	3	1.5



(a) 擁壁の傾斜状況　　(b)　ジオグリッドの軸ひずみ分布

図 4　基本ケースでの加震後の補強土擁壁の被害状況（実験と解析の比較）.



(a) 擁壁の傾斜状況　　(b)　ジオグリッドの軸ひずみ分布

図 5　短縮ケースでの加震後の補強土擁壁の被害状況（実験と解析の比較）.

参考文献

1) Wakai, A. and Ugai, K. : A simple constitutive model for the seismic analysis of slopes and its applications, Soils and Foundations, Vol.44, No.4, pp.83-97, 2004.

2) 天野正道，若井明彦，飯塚豊，松岡哲治，五味渕裕一：HDPE 製ジオグリッドと薄型コンクリートパネルを用いた補強土壁の信頼性についての検証，ジオシンセティックス論文集，第 19 巻，pp.175-182, 2004.