

背面地盤に鉛直載荷を受けるジオシンセティックス補強土擁壁の変形・破壊挙動

名古屋工業大学 石井健嗣, 岩田敏和

名古屋工業大学 中井照夫, H. M. Shahin, 菊本統

1. はじめに

ジオシンセティックス補強土擁壁はその優れた経済性や施工性から近年、数多く採用されている。しかしながら、地盤－補強材－構造物の力学的相互作用は複雑であるため、設計・施工の更なる合理化には補強メカニズムに関する基礎的検討が欠かせない。そこで本研究では、背面盛土地盤に鉛直載荷を受ける補強土擁壁の安定問題を例として2次元模型実験と数値解析を実施し、ジオシンセティックスによる補強メカニズムと合理的補強方法に関する検討を行ってきた。本稿では、主に鉛直荷重の載荷位置による差異について議論する。

2. 模型実験と数値解析の概要

実験装置の概略図を Fig.1 に示す。模型寸法は実物の約 1/50 を想定し、擁壁高さ $H = 240 \text{ mm}$ 、直接基礎の幅 $B = 120 \text{ mm}$ とした。地盤材料には直径 1.6 mm と 3.0 mm のアルミ棒を重量比 3 : 2 の割合で混合したアルミ棒積層体（単位体積重量 $\gamma = 20.4 \text{ kN/m}^3$ ）を用いた。擁壁は変形をほとんど生じない 5 mm 厚のアルミ板で作成し、補強材を固定した。補強材はトレーシングペーパーに 10 mm 間隔でアルミ棒を貼り付けて作成しており、アルミ棒積層体との摩擦角は約 20° である。実験では、水平スライダーにより基礎の水平変位を許しつつ、試験機上部のモーターにより鉛直載荷を行い、鉛直荷重と基礎の鉛直、水平変位を測定した。また、所定の沈下量ごとに地盤側面から写真撮影を行

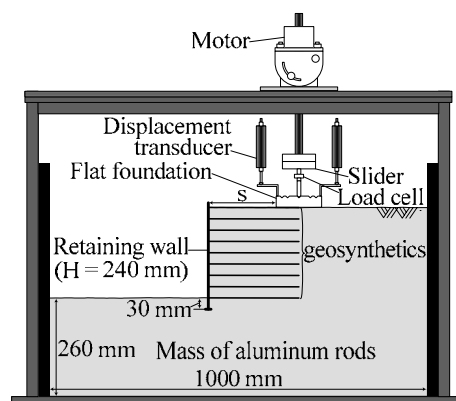


Fig.1 2次元模型試験機

い、画像解析により地盤内のひずみ分布を算出した。本稿では、補強材長さ $L = 240 \text{ mm}$ 、敷設間隔 30 mm に対して、擁壁と基礎の水平離隔 $s = 1/12 H, 1/4 H, 5/12 H, 3/4 H, H$ と変化したケースの結果を示す。

解析は平面ひずみ条件下で微小変形理論に基づく有限要素解析を実施した。地盤材料の構成モデルには、等方硬化型の弾塑性構成モデル *subloading t_{ij} model*¹⁾ を用いた。材料パラメータは $\lambda = 0.008$, $\kappa = 0.004$, $N = 0.3$, $R_{cs} = 1.8$, $\nu_e = 0.2$, $\beta = 1.2$, $a = 1300$ である。擁壁と補強材は *beam* 要素、構造物および補強材と地盤間の摩擦は弾塑性 *joint* 要素²⁾でモデル化した。解析領域のスケールや境界条件は模型実験と同じである。

4. 結果と考察

直接基礎の鉛直荷重と鉛直変位の関係を Fig.2 に示す。(a)は実験値、(b)は解析値であり、縦軸は鉛直荷重 qv を $\gamma B/2$ で除した値、横軸は鉛直変位 v を基礎幅 B で無次元化した値を示す。図中には比較のため、水平無補強地盤での荷重－沈下曲線を×プロットで示した。なお、両図の軸のスケールが異なることに注意が必要である。実験値より、基礎直下に補強材が敷設されている $s/H = 5/12$ 以下の場合、水平無補強地盤や $s/H = 3/4$ 以上のケースに比べて荷重沈下曲線の初期勾配や極限支持力が明らかに大きく、十分な補強効果が得られることがわかる。一方、 $s/H = 3/4$ 以上では明確な補強効果は得られず、 $s/H = 1$ での極限支持力は無補強地盤に比べてかなり小さい。Fig.3 は極限支持力に達した鉛直変位量付近（実験では $v/B = 0.04$ 、解析 $v/B = 0.13$ ）での地盤内のせん断ひずみ分布である。図より、補強領域直上に載荷する $s/H = 5/12$ 以下のケースでは、すべり面が背面地盤から基礎地盤に至る広い領域で形成されるため明確な補強効果が得られたと考えられる。ただし、明確な補強効果を得るためには補強領域の内的安定も満足する必要があるので、補強材は適切な間隔以下で敷設することが肝要である³⁾。 $s/H = 3/4$ 以上では直下に補強材が敷設されていない基礎の右端部に変形が集中し、すべり面は浅く狭い領域で発達するため、補強効果があまり得られないと言える。特に $s/H = 1$ の場合、基礎の右端部から擁壁下部に向かってせん断帯が局所的に発達して外的安定性が損なわれるため、補強領域外に外力を受ける場合には擁壁側の地盤へのすべり面の進展を防ぐような補強材の設置パターンが効果的だと考え

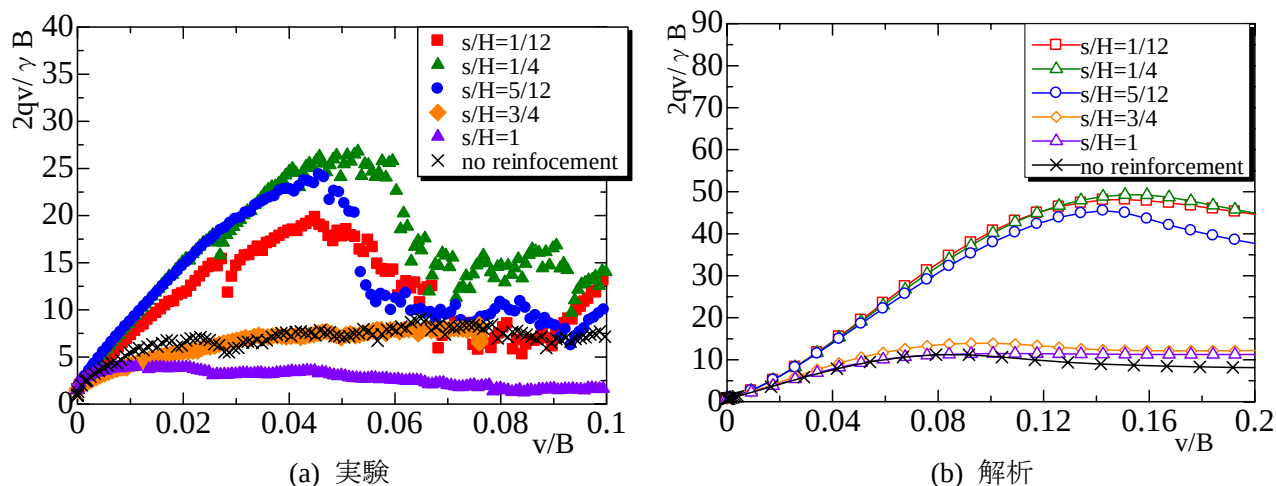


Fig.2 鉛直荷重～鉛直変位関係

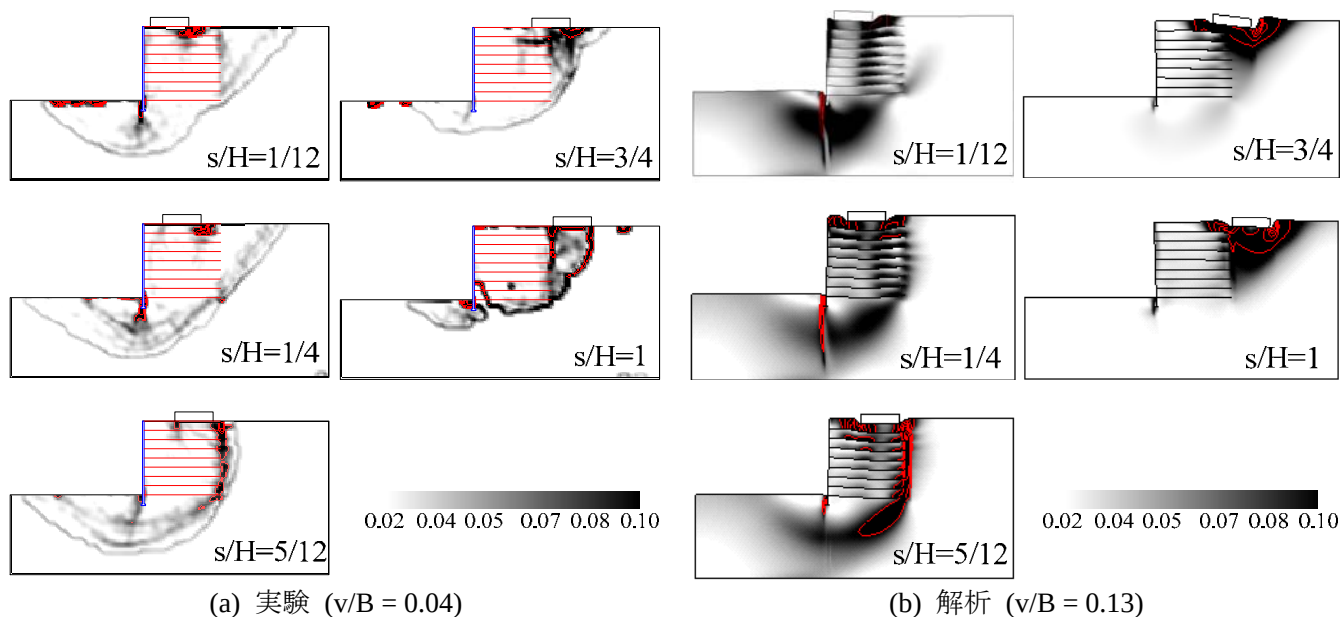


Fig.3 せん断ひずみの分布

られる。数値解析は実験で得られた極限支持力を過大に予測しているものの、擁壁と基礎の水平離隔による支持力特性の違いやすべり面の形状の差異を適切に予測している。

5. おわりに

本稿では、背面盛土地盤に鉛直荷重を受けるジオシンセティックス補強土擁壁の変形・破壊挙動に関する模型実験と数値解析を実施し、鉛直荷重の載荷位置による支持力特性や変形・破壊挙動の違いについて考察を行った。直接基礎直下の地盤が補強領域である場合には、明確な支持力増加が見込める。一方、 $s/H \geq 3/4$ の場合には、基礎の右端部からせん断変形が発達して浅く狭い領域ですべり面を形成するため、水平無補強地盤と同程度以下の支持力しか得られない。地盤材料の応力ひずみ特性や構造物や補強材と地盤の摩擦特性を適切に考慮した弾塑性有限要素解析は、模型実験の定量評価には未だ課題を残すものの、擁壁と基礎の離隔など諸条件を適切に考慮して補強土擁壁の変形・破壊挙動を予測する有効なツールとなる可能性が示された。最後に、このような載荷位置による補強効果の違いは、補強材の長さや敷設間隔、擁壁高さなどにも影響を受けると予想されるため、今後さらにパラメトリックな検討を行い、ジオシンセティックスによる補強メカニズムと合理的な補強方法に関する検討を行う予定である。

参考文献

- 1) Nakai, T. & Hinokio, M. (2004) S&F, 44(2), 53-70.
- 2) Nakai, T. (1985) S&F, 25(3), 98-112.
- 3) 石井ら (2009) ジオシンセティックス論文集, 第 24 巻, 243-250.