鋼矢板と nailing による盛土基礎地盤補強工法の実験および解析による検討

名古屋工業大学	学生会員	○吉田泰規	酒井亮佑	
名古屋工業大学	正会員	中井照夫	H.M.Shahin	菊本統
鋼管杭·鋼矢板技術協会	正会員	永津亮祐		

<u>1.はじめに</u>

地震が起きた際、軟弱地盤上の盛土や構造物はそれ自体の変形や破壊の他に地盤の側方変位を生じさせ、 周辺構造物に影響を与えてしまうことがある。特に既設盛土、構造物では耐震補強も含めこれらの対策が遅 れているのが現状であり、巨大建造物や高速道路などの幅広な既設盛土を対象とした新たな工法の開発が必 要となっている。本研究では補強効果と側方変位抑止が期待できる鋼矢板に着目し、鋼矢板の上載荷重にお ける補強メカニズムの解明を試みてきた¹⁾。本稿では鋼矢板と nailing 工法の複合工法についての2次元モデ ル試験と数値解析からその補強効果・補強メカニズムについて検討する。

2.実験装置および数値解析概要

モデル試験に用いた装置を図1に示す。模型寸法は実物の約1/100 スケールを想定し、試験装置の内寸は幅 100cm、深さ 50cm、奥行き 5cm とした。地盤材料には直径 1.6mm と 3.0mm のアルミ棒を重量比 3:2 で混合したアルミ棒積層体(単位体積重量 y=20.4kN/m³)を用いた。 載荷板は幅 B=12cm、高さ 3cm、奥行き 5cm のフーチング基礎を使用 した。また、鋼矢板はアルミ板で模擬する。その剛性に関して、実 際に使用することが想定されている柔・剛 2 種類の鋼矢板の剛性と 試験での相似率から算出し、アルミ板の厚さ t をそれぞれ 0.3mm、 0.5mm とした。アルミ板は基礎との離隔 H_w=3cm に圧入する。nailing 工法はトレーシングペーパーに 1cm 間隔でアルミ棒を接着させ摩擦 を持たせたもので代替し、地表面から 30°の角度に設置した。モデ ル試験機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で強制変位を与え、先端部に取り付けたロード セルにより荷重を計測している。また、試験中に写真撮影を行い、 画像解析により地盤内のひずみ分布を算出した。試験では、アルミ 板の長さ L=12cm、24cm、アルミ板の厚さ t=0.3mm、0.5mm、nailing の長さ L_N=0cm、6cm、9cm をパラメトリックに組み合わせて行った。 本稿では表1に記された6ケースの試験、解析結果を示す。解析に おいて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_{ii} model²⁾を用いた。アルミ棒積層体は側圧一定の二軸試 験から得られた硬化、軟化挙動や正負のダイレイタンシー特性など から、やや密詰めの砂質土とほぼ同じ挙動を示す材料であることが 言える(図 2)。材料パラメータはλ=0.008, κ=0.004、N=0.3、R_{cs}=1.8、



図1 2次元模型試験機

```
表1検討パターン
```





図2 アルミ棒積層体二軸試験結果

 $v_e=0.2$ 、 $\beta=1.2$ 、a=1300 である。アルミ板と nailing は beam 要素、基礎および nailing と地盤間の摩擦は弾塑性 joint 要素 ³⁾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。

3.結果と考察

基礎の鉛直荷重と鉛直変位の関係を図3に示す。図の(a)は実験結果、図の(b)は解析結果であり、縦軸は鉛 直荷重 q_vをγB/2 で除した値、横軸は鉛直変位 v を基礎幅 B で無次元化した鉛直変位量を示す。(a)より、(2)sheet pile L=12cm、t=0.3mm と(3)sheet pile L=24cm、t=0.5mm を比較すると、矢板長が長く、剛性の大きい(3)の方が 補強効果は高いことが分かる。しかし、極限支持力の点で比べると、双方とも(1)greenfield と大きな差は見ら

れず、矢板のみではあまり補強効果が ないことが分かる。一方、nailing を組 み合わせた3つの試験は、極限支持力 を含め、高い支持力を発揮している。 (4)nailing L=12cm、t=0.3mm と、矢板長 が長く、剛性の大きい(5)nailing L=24cm、 t=0.5mm を比較すると (5)の支持力の 方が高い。しかし、(5)と(6)nailing L=12cm、t=0.5mm を比べると差はほと んど見られない。nailing を複合させて いる場合、剛性が大きければ矢板長が 短くても高い支持力が発揮されること がわかる。図4は極限支持力に達した 鉛直変位量((a)実験(v/B=0.06)、(b)解析 (v/B=0.10))での地盤内せん断ひずみ分 布である。sheet pile のみの(2)、(3)では、 (1)greenfield と比較して、ひずみはやや 抑えられているように見受けられるが、 浅く狭い領域で局所的に大きな変形が





発達しているため補強効果があまり得られないと言える。また、(3)は、L=24cmの矢板がすべり面を遮断する ように配置されているが、支持力には反映されていない。これは、矢板の上部が側方に変位したためであると 考えられる。nailing を組み合わせた(4)、(5)、(6)は、基礎直下でのひずみは強く出ているものの(1)greenfield と比較すると側方変位を抑制できていることが分かる。矢板がすべり面を横断する(5)は特に効果が大きい。(5) と(3)との補強効果の差は nailing の引張力によって矢板上部の側方変位を抑制したためだと考えられる。一方、 図3、図4の(b)に示す数値解析では初期剛性や地表面近くに生じたせん断ひずみを過少評価しているものの、 矢板の長さ・曲げ剛性による支持力特性やすべり面の形状について試験結果の傾向をよく表現している。

<u>4.まとめと今後の展望</u>

本稿では基礎や盛土の耐震化と側方流動抑止を目的とした鋼矢板と nailing 工法の補強効果についてモデ ル試験と数値解析による検討を実施した。剛性と矢板長に着目した検討から、矢板がすべり面を遮断するよ うに設置される場合でも、載荷により矢板上部が外側に変位してしまうことで支持力増加は見込めないこと が分かった。これに対し、nailing 工法を組み合わせて矢板上部の側方変位を抑えると、高い支持力が発揮さ れることが示された。特に剛性の高い矢板は矢板長に関係なく高い支持力が得られた。また、矢板と nailing 工法の複合試験において、特に矢板がすべり面を横断している場合は、側方変位の抑止効果が大幅に増すこ とが分かった。これらのことから、矢板と nailing 工法を複合させることによって一定の支持力増加と側方変 位抑止効果が得られることが示された。数値解析では、変形量の大きさには課題を残すものの、極限支持力 の増加など鋼矢板の補強効果を定性的に表すことができ、地盤の変形、破壊挙動を予測する有効な手法であ る可能性が示された。今後は土・水連成を考えた粘土地盤を想定した条件の数値解析を行う予定である。 参考文献

1) 酒井ら 鋼矢板による盛土基礎地盤補強工法の実験および解析による検討 第45回地盤工学研究発表会 発表講演集(2010) 2) Nakai, T. & Hinokio, M. (2004) *S&F*, 44(2), 53-70. 3) Nakai, T. (1985) *S&F*, 25(3),98-112.