

運輸省港湾技術研究所 正会員 北詰昌樹・宮島正悟
不動建設株式会社 正会員 原田健二〇鈴木亮彦

1. まえがき

近年、矢板式の港湾構造物において、地盤の横抵抗を改善するために地盤改良工法が併用される事例が多くなってきている。しかし、この時の改良範囲と改良効果の関係については未だに明確になっておらず、適切な改良範囲の決定方法も確立されていない。そこで著者らは合理的・経済的な設計の検討を目的として、遠心模型実験装置を用いた模型実験を行ってきており、実験結果の一部についてすでに報告を行っている¹⁾。本報告では、新たな実験結果と合わせて考察し、さらにFEM弾性解析により実験のモデル化も行った。

2. 実験の概要

実験は図-1に示すように粘土と砂の2層によって構成された実験土層に矢板を設置し、所定の範囲を深層混合処理工法(DMM改良)を想定した改良を行い、66.7gの遠心加速場で水平に矢板に載荷した。載荷はロードセルと変位計が取り付けられた載荷装置を用いて、地表面から上方に10cmの部分を載荷点として矢板に強制変形を与え、載荷荷重と載荷点変位を測定した。模型地盤の作成方法については、本報告の前稿¹⁾を参照されたい。

すべて現地スケールとした。

表-1: 実験条件

| | case No. | 予備圧密応力 P_c (kPa) | 矢板剛性 $EI(kNm^2/m)$ | 改良範囲 $B \times H(m)$ |
|-----|----------|--------------------|--------------------|----------------------|
| 無改良 | case1 | 98 | 40400 | — |
| | case2 | 196 | 40400 | — |
| | case3 | 98 | 167000 | — |
| | case4 | 98 | 40400 | 3.3×3.3 |
| | case5 | 98 | 40400 | 13.3×3.3 |
| | case6 | 98 | 40400 | 3.3×6.7 |
| | case7 | 98 | 167000 | 6.7×3.3 |
| | case8 | 98 | 167000 | 13.3×3.3 |

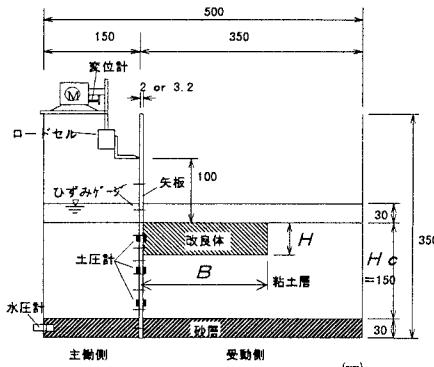


図-1: 試験装置

実験は、①遠心載荷前の地盤の予備圧密圧力、②模型矢板の剛性(厚さ)、③改良範囲、の条件を変えて8ケース行った。実験条件の一覧は表-1に示す通りであるが、実験模型は実際の現場を遠心加速場で縮小したスケールを想定しているので、表記は

3. 実験結果の考察

3-1. 載荷時に発生するエネルギーについて

実験では改良幅を変えていくつかのケースを行っているが、改良幅と改良効果の関係を表わす指標として載荷時に発生するエネルギーに着目した。載荷中の荷重-変位曲線を積分した全体のエネルギーは(1)式から、矢板の曲げモーメントにより矢板のみに貯えられたエネルギーは(2)式から与えられる。

$$U = \int pdx \quad \dots (1) \quad Up = \int \frac{M^2}{2EI} dx \quad \dots (2)$$

U : 全体のエネルギー Up : 矢板の負担エネルギー

P : 載荷荷重 M : 矢板に発生する曲げモーメント

EI : 矢板の剛性

上式を用い各実験ケースの載荷終了直前の変位70cmの点でのエネルギーを求め、改良幅との関係を表わすと図-3のようになる。ただし、グラフの横

Key Word : 遠心模型実験、深層混合処理工法(DMM)、FEM 解析

運輸省 港湾技術研究所 地盤改良研究室 : 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1, TEL 0468(44)5023, FAX 0468(41)8098

不動建設(株) ジオエンジニアリング事業本部 : 東京都台東区台東1-2-1, TEL 03(3837)6034, FAX 03(3837)6158

軸は改良幅を粘土層厚で除して無次元化した値を示している。図中の2本の実線は異なる矢板剛性での全体のエネルギーを表わしている。矢板剛性の小さい ($40400 \text{ kNm}^2/\text{m}$) ケースでは変曲点が確認されるのに対して矢板剛性が大きい ($167000 \text{ kNm}^2/\text{m}$) ケースではほぼ線形的にエネルギーが増加している。しかし、矢板剛性が大きい場合についても、さらに改良範囲が広がっていけば変曲点があらわれると推察され、このことにより、改良効果には改良範囲と矢板の大きさの両方が影響すると思われる。すなわち、矢板剛性が増すことで地盤の改良が効果を発揮する範囲が広がったと考えられる。したがって、経済的かつ合理的な改良効果を得る改良範囲を決定するためには、矢板の剛性にも着目する必要があると思われる。点線で示した矢板が負担するエネルギーについては、改良範囲の違いによるエネルギーの変化は小さく、改良幅が広がっても、矢板自体の横抵抗はそれ程変化しないと考えられる。

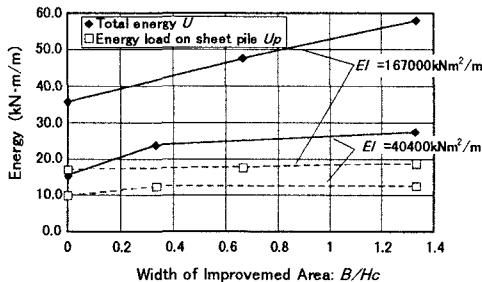


図-3：エネルギーのバランスと改良範囲の関係

4. FEM 解析と実験結果の比較

4-1. 解析モデルについて

FEM (有限要素法) を用いて解析を行い今回の実験のモデル化を行った。解析は弾性モデルとし、各材料の解析上の材料定数は実測値をもとに設定した。解析は弾性モデルとし変形時の矢板と地盤の剥離およびすべりを再現するために境界面にジョイント要素を設けている。解析に用いたメッシュは図-4に示す通りである。

4-2. 解析結果

実験で得られた荷重-変位曲線と FEM 解析による結果を重ねて表わすと図-5(a), (b) のようになる。実験は載荷-除荷-載荷のサイクルで行ったため荷重-変位曲線はループを描いている。また、実

験結果は載荷の初期段階では弾性的な挙動を示しているが、変位が増大するにつれて次第に塑的な挙動となっている。前述の通り FEM 解析は弾性条件で行ったため、実験結果と比較できるのは、荷重の初期段階である。実験による荷重変位曲線の初期勾配と比較するために FEM 解析結果は直線で図示しており、実験結果をいずれも精度良く再現している。このことから、弾性解析を用いた比較的簡便な手法で矢板と改良地盤の関係を表現でき、この解析モデルを活用することによって矢板と改良範囲の仕様の設計について検討が行える可能性が示された。

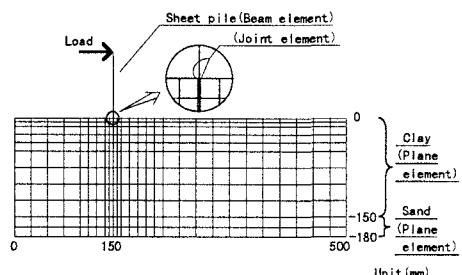


図-4：FEM解析メッシュ

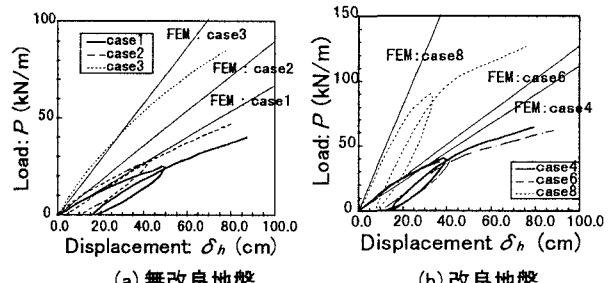


図-5：実験結果と FEM 解析結果の比較

5. まとめ

遠心実験で得られた結果をエネルギーによる視点と解析について考察したところ、矢板と地盤改良の関係について新たな関係が見出せってきた。今後はさらに考察を重ね、設計法への展開について検討を行う予定である。

【参考文献】

- 北詰昌樹・宮島正悟・原田健二・鈴木亮彦：矢板前面のDMM改良の効果に関する研究、土木学会第51回年次学術講演会、III-B pp.570-571, 1996