

PLAXIS Monopile Designer を用いたモノパイル用地盤ばねの効率的な算定手法について

大成建設(株) 正会員 ○森田 成人 笠井 康裕 新井 秀幸

1. 背景

洋上風車のモノパイル(MP)を想定した大口径杭向けの地盤ばね算定手法の一つとして、PISA 提案の手法が挙げられる。この手法では、ルールベース法と数値計算ベース法の 2 手法があり、対象の地盤条件に即して地盤ばねの算定が可能な後者の手法については、地域によって大きく地盤条件が異なる日本のようなエリアでは非常に有効であると考えられる。また、Bentley Systems 社より有限要素法ソフトウェア PLAXIS3D を利用した PLAXIS Monopile Designer (PLAXIS MD) が販売されており、効率的に解析・ばねの算定が行える仕組みが構築されている。一方で、数値計算ベース法は 3D 解析に依るところが大きく、解析コスト(時間)については簡易的に行うルールベース法と比べて非常に負荷が高い。特に、概念設計フェーズでは正確な地盤条件が無いことがあるため、ある程度精度を下げて他の検討に着手できるよう、効率化を図りたい。PLAXIS MD のフローを図 1 に示す。フローの内、地盤反力曲線の作成に多くの時間を要する。本論文ではこの地盤反力曲線の作成に要する時間を削減できる方法について検討を行った。

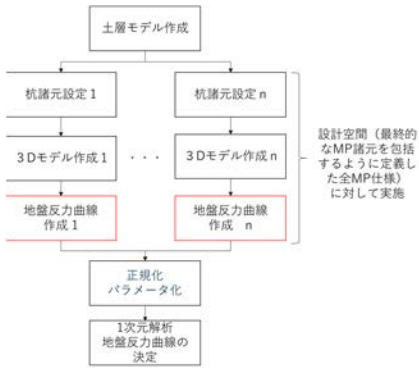


図 1 フロー

2. 検討条件

2. 1. MP 諸元と地盤条件

表 1 MP 最終選定諸元

杭外径 (m)	杭板厚 (mm)	杭根入れ長 (m)	杭突出長 (m)
10	110	50.5	35.82

IEA Wind Task 37 15MW¹⁾の MP 基礎を参考とし、概略検討を踏まえて設定した、MP の最終選定諸元を表 1 に示す。また、仮定した地盤条件を表 2 に示す。土層は全て砂質土である。

2. 2. 検討方針

MP 諸元として最終選定諸元を包括するように、8~10 ケース(推奨値)設定する感度分析の範囲を設計空間と称する。設計空間として対象となるパラメータは、突出長、根入れ長、MP 外径、MP 板厚、 V_g/D_{out} (海底面での相対変位)がある。本検討では比較①として V_g/D_{out} を、比較②としてケース数をパラメータとして効率化の手法を模索した。

2. 3. 比較①

V_g/D_{out} は 0.15 が推奨されているが、比較①では V_g/D_{out} を 0.15, 0.12, 0.10, 0.08 と変化させて各 9 ケースの設計空間を設定した。その他のパラメータについては表 3 に示すとおりとし、突出長は一定とした。

表 3 設計空間で定義した諸元 (9 ケース)

根入れ長(m)	外径(m)	板厚(m)
60	9	0.09
50	9	0.09
40	9	0.09
60	10	0.1
50	10	0.1
40	10	0.1
60	11	0.11
50	11	0.11
40	11	0.11

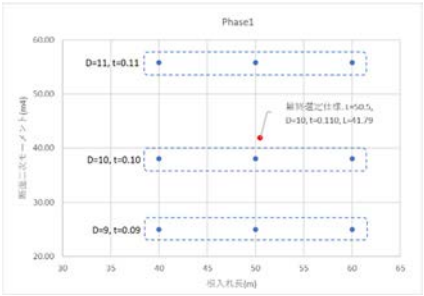


図 2 設計空間 (9 ケース)

キーワード 洋上風力, モノパイル, PLAXIS Monopile Designer, 地盤バネ

連絡先 〒163-0918 東京都新宿区西新宿 2-3-1 大成建設(株)土木本部土木設計部 TEL 03-6882-0792

上記手法により算定した地盤バネを用いて、梁ばねモデルによる静的解析を行った。荷重は暴風波浪時の曲げモーメントとせん断力とした。発生曲げモーメント分布、各深度の変化量を発生最大曲げモーメントで無次元化したものを図 3 に示す。 $V_g/D_{out}=0.12, 0.10$ では $V_g/D_{out}=0.15$ のケースと比べて 1%未満の差、 $V_g/D_{out}=0.08$ では 5.6%の差となり、 V_g/D_{out} が小さくなるほど $V_g/D_{out}=0.15$ との差が大きくなった。どの程度誤差を許容するかは個々の事情によるが、 V_g/D_{out} 推奨値より低減させても、結果に大きな差が無いことを確認した。

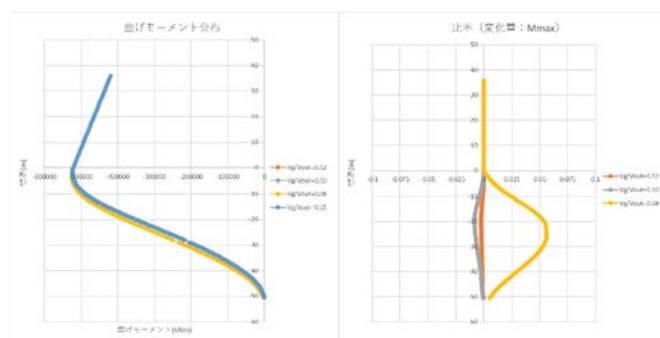


図 3 曲げモーメントおよび比率分布（比較①）

2. 4. 比較②

設計空間として定義する MP 諸元を 4 ケース(表 4)とした場合と、9 ケースとした場合（比較①にて実施）とを比較した。 V_g/D_{out} は 0.15 としている。

表 4 設計空間で定義した諸元（4 ケース）

根入れ長(m)	外径(m)	板厚(m)
60	9	0.09
40	9	0.09
60	11	0.11
40	11	0.11

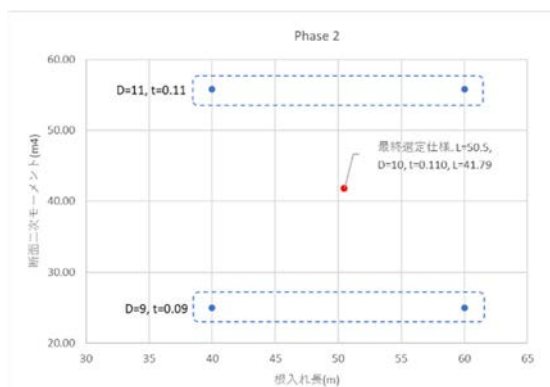


図 4 設計空間（4 ケース）

比較①と同様の解析を比較②についても行った。発生曲げモーメント分布、各深度の変化量を発生最大曲げモーメントで無次元化したものを図 5 に示す。比率

をみると、差は 1%未満となっており、設計空間で定義する諸元を削減しても、結果に大きな差が無いことを確認した。

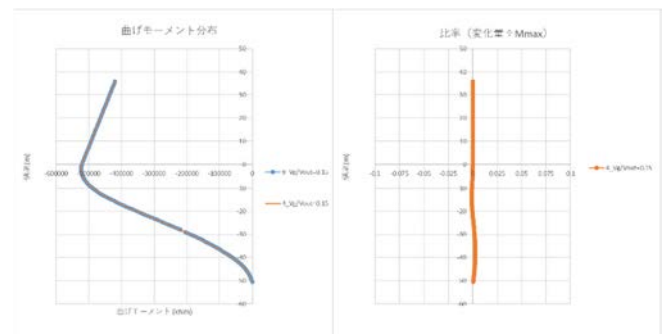


図 5 曲げモーメント及び比率分布（比較②）

2. 5. 解析時間の比較

V_g/D_{out} の違いおよび、定義する MP 諸元のケース数の違いによる解析時間について、図 6、図 7 に示す。 V_g/D_{out} を 0.10 以下とすること、ケース数を 4 ケースにすることで解析時間が 1/3 程度まで削減できた。

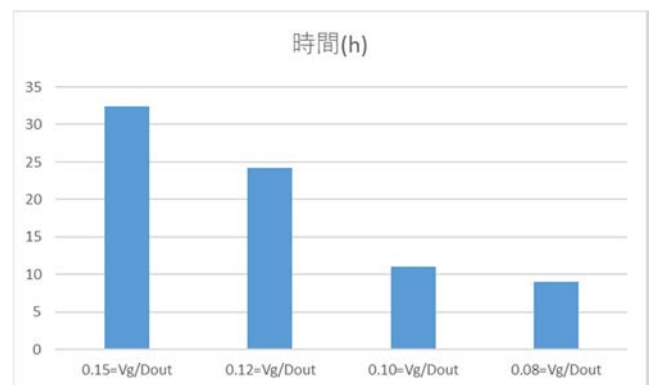


図 6 比較① V_g/D_{out} の違いによる解析時間

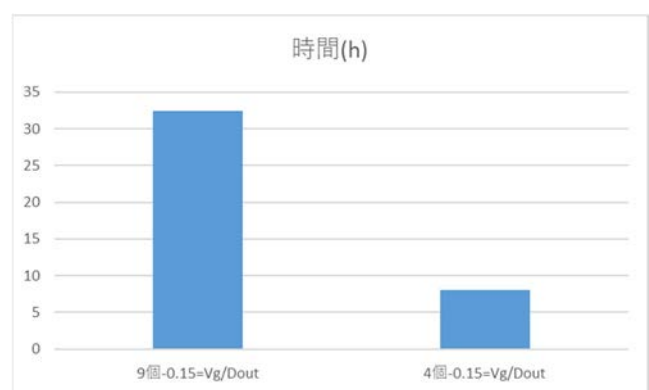


図 7 比較② ケース数の違いによる解析時間

3. まとめ

本検討より、概念設計段階であれば V_g/D_{out} やケース数を削減して算定を行うことで、効率的に比較的精度よく地盤ばねの算定ができることを確認できた。

【参考文献】

- 1) International Energy Agency : <https://iea-wind.org/task37/>