

ケーソン基礎施工中の支持力確認への孔内水平載荷試験の適用（その5）

—妥当性の補足検討—

鹿島建設(株) 正会員 ○吉田 輝 笹岡里衣 福島 陽
同 伊藤弘之 松林周磨 坂梨利男 杜若善彦
東京大学 フェロー会員 古関潤一

1. はじめに

オープンケーソン施工中の基礎地盤支持力確認に、水中でも実施可能な孔内水平載荷試験（Pressuremeter Test ; PMT）の適用を検討してきた¹⁾²⁾。PMT 結果から地盤の強度定数を推定する理論式³⁾は、特殊な土質条件下において強度定数が一意に定まるとしてあり、既報¹⁾²⁾においても一意な強度定数を推定することで検討してきた。しかし、既報報告以降の詳細な検討の結果、より一般的には一意には定まらず、あくまで強度定数同士の関係式が算出されることが明らかとなった。本報告では PMT 結果から強度定数の関係式を算出するプロセスを述べ、実施工での運用方法を再提案する。

2. 実験概要

検討には、既報¹⁾で報告した PMT 結果を用いた。試験イメージを図-1 に示す。対象地盤は、オープンケーソンの支持層を想定した礫層（推定 N 値=40 以上）である。PMT は、1 室型等分布荷重方式（水圧式 M 型プレシオメーター）を用い、プレボーリング方式（ $\phi 66$ mm）によって GL-38.5 m、-39.5 m（計測中心深度）で実施した。孔壁ひずみ u_r/r_0 が 5% を上回る領域において、プローブ内への注・排水速度を一定（0.25 mL/sec）として除荷・再載荷を行った。得られた孔壁圧－孔壁ひずみ関係を図-2 に示す。

PMT から算出した強度定数の検証を目的として、PMT 実施のボーリング孔と約 1m 離れた位置で攪乱試料を採取し、圧密排水条件で三軸圧縮試験を行った。供試体は、最大粒径 $D_{max}=19.0$ mm に調整した試料を、PMT 孔における平均的な湿潤密度（ $\rho_t=2.38$ g/cm³）となるように $\phi 100$ mm のモールド内に突き固めて作製した。圧密応力は 3 水準（200, 400, 800 kPa）とした。試験の結果、強度定数は $c_d=81.1$ kN/m²、 $\phi_d=45.2^\circ$ であった。

3. 強度定数推定方法と推定結果

理論式³⁾は、PMT の孔壁圧－孔壁ひずみ関係を強度定数（ c' 、 ϕ' ）などで表す式であり、得られた PMT の孔壁圧－孔壁ひずみ関係に理論式をフィッティングさせることで、対象地盤の強度定数を推定できる。様々な（ c' 、 ϕ' ）の組み合わせ条件によって推定した孔壁圧－孔壁ひずみ関係と、図-2 の PMT 結果との残差平方和のコンターを図-3（左上）に示す。同図には GL-39.5m での PMT 結果と、図中 a～g 点に対応する推定結果との比較図も併記した。図-3（左上）の残差平方和は c' － ϕ' 平面上に示されている。残差平方和には極小曲線（図中赤線）が存在し、そこから遠ざかるにつれて残差平方和が大きくなることを確認できる。以下、この極小曲線を谷底ラインと呼称する。

谷底ライン上の a～c 点の孔壁圧－孔壁ひずみ関係から、（ c' 、 ϕ' ）の様々な組み合わせに対して、PMT 結果の推定精度に優劣がないことを確認できる。すなわち、PMT 結果から推定できるのは谷底ライン、つまりは（ c' 、 ϕ' ）の関係性のみであり、一意な（ c' 、 ϕ' ）を同定できるものではない。一方、d～g 点のように谷底ラインから遠ざかるような（ c' 、 ϕ' ）の変化は、必ず推定精度が下がる変化であり、谷底ラインより優位に PMT 結果を表現できない。

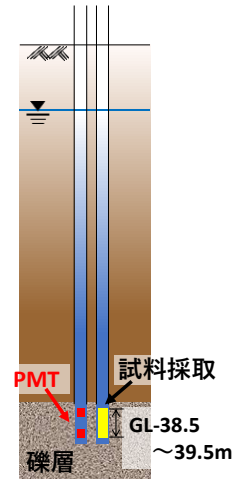
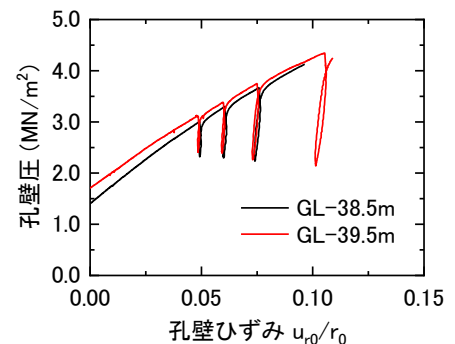
図-1 PMT イメージ¹⁾

図-2 PMT 結果

キーワード：ケーソン工法、孔内水平載荷試験、強度定数、極限支持力

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

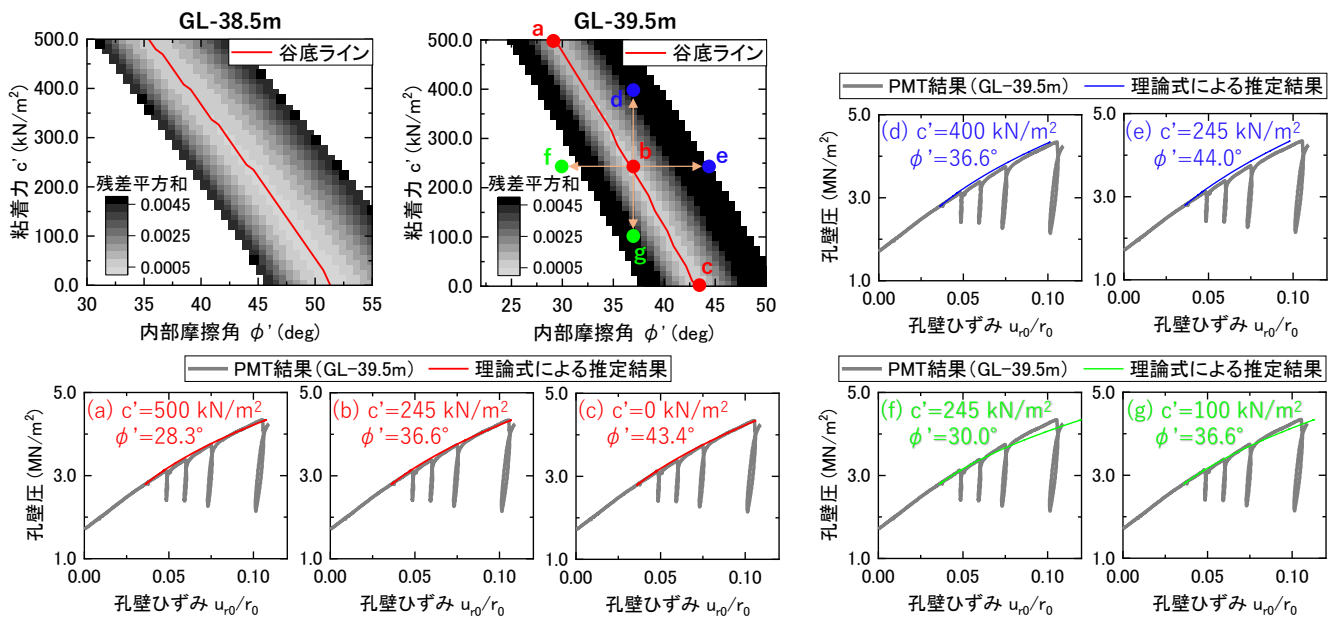


図-3 PMT 結果に対する強度定数推定結果ならびに推定結果と実験結果の比較

得られた谷底ラインと三軸圧縮試験結果の比較を図-4に示す。PMT から推定された谷底ラインは、三軸圧縮試験で求めた強度定数 (c' (c_d), ϕ' (ϕ_d)) の周辺に位置しており、当手法の妥当性が確認できる。

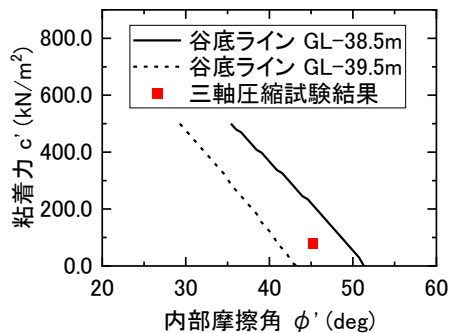


図-4 谷底ラインと三軸試験結果

4. 孔内水平載荷試験の実施工での運用方法

実施工での PMT の運用フローを、ニューマチックケーソンでの平板載荷試験の場合と比較して図-5に示す。平板載荷試験で得られる極限支持力は、根入れ深さを考慮した設計支持力と直接には比較できない。このため、照査には以下のような方法を用いることが多い。まず、得られた極限支持力を根入れ項を無視した支持力式に代入し、(c' , ϕ') の関係性を取得する。その上で、(c' , ϕ') のいずれか一方を設計値で固定し他方を推定して、それをもとに根入れ項を考慮して原位置の極限支持力を推定する。これを設計極限支持力と比較することで、支持力照査を行う。PMT においても、(c' , ϕ') の関係性が得られることには変わりがないので、全く同様の手順を踏むことで、現行の平板載荷試験と同程度の精度で現場支持力を照査することが可能である。

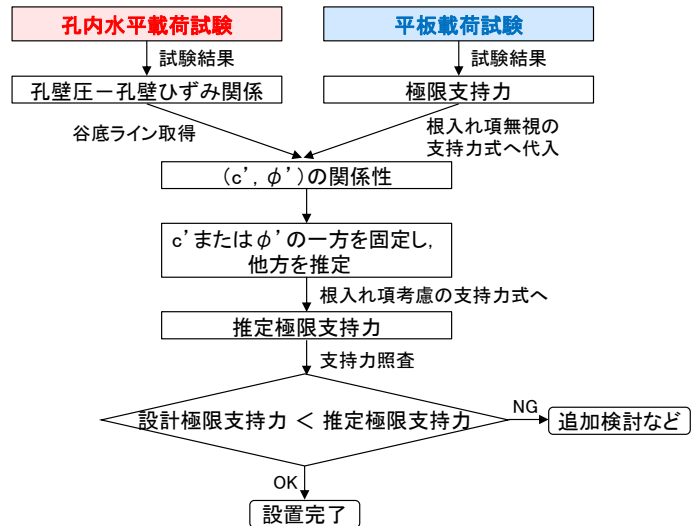


図-5 実施工における PMT 運用フロー

5. おわりに

PMT による強度定数推定方法と実施工での運用方法を示した。今後、実工事での試験適用を加速しデータ拡充するとともに、さらに妥当性を検証していく。

参考文献

- 1) 笹岡ら：ケーソン基礎施工中の支持力確認への孔内水平載荷試験の適用（その1~3），土木学会第76回年次学術講演会，III-269~271，2021。
- 2) 笹岡ら：ケーソン基礎施工中の支持力確認への孔内水平載荷試験の適用（その4），土木学会第77回年次学術講演会，2022。（投稿中）
- 3) C. M. Haberfield, et al., The interpretation of pressuremeter tests in weak rock – theoretical analysis, Proceedings of Third International Symposium on Pressuremeters, pp.169-178, 1990.