

## 泥岩上の中掘り鋼管杭の周面摩擦力特性

(株)大林組 正会員 ○阿山 泰久 井上 昭生

## 1. はじめに

泥岩や軟岩などの硬質固結地盤に根入れする中掘り杭は、載荷試験実績がほとんど無く、その鉛直支持力特性は不明な点が多い。設計において、文献<sup>1)</sup>の支持力推定式を適用した場合、周面摩擦力を過大評価するなどの懸念がある。

今回、泥岩上の中掘り鋼管杭に対して、衝撃載荷試験を実施した。本書では、載荷試験の考察および設計上の留意点について報告する。

## 2. 杭の設計条件

対象とする基礎杭は、小規模な単純中空床板橋(橋長約15m, 幅員約10m)の橋台基礎である。基礎の仕様は、表1, 図1に示すとおりである。

## 3. 対象地盤の特性

対象地盤に分布する泥岩は島尻層泥岩と呼ばれ、低含水比では硬質な強度変形性状を有するが、膨潤性に富んでいる。吸水すると高塑性粘土と化し、さらに応力解放されると土粒子のセメンテーションが崩れるという特性を有する。島尻泥岩上の場所打ち杭の鉛直支持力推定式は、既往の載荷試験結果に基づき文献<sup>2)</sup>にお

表1 設計地盤定数

| 地層    | 層厚<br>(杭設計用) | 平均<br>N値 | C<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | $\phi$<br>(°) | $\alpha E_0$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------|--------------|----------|---------------------------|---------------|--------------------------------------|
| 埋土    | 0.95m        | 1        | 0                         | 0             | 2,800                                |
| 沖積粘性土 | 2.56m        | 1        | 0                         | 0             | 3,800                                |
| 風化泥岩  | 0.40m        | 26       | 120                       | 0             | 72,800                               |
| 泥岩    | 10.49m       | 49       | 263                       | 0             | 228,000                              |

【備考】 泥岩は、島尻層泥岩のうち与那原層に該当する。

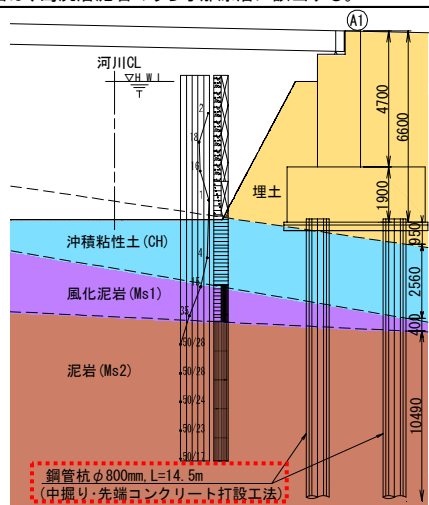


図1 地層断面図

いて明確化されている。しかし、他の杭種についての支持力推定式は確立されておらず、支持力評価は設計者の判断によるという現状にある。

## 4. 杭の設計鉛直支持力

杭基礎は、杭長14.5mに対して約10.5mを島尻層泥岩に貫入する中掘り杭として設計されていた。表層の軟弱土(埋土, 沖積粘性土層)の周面摩擦は期待せず(=0), 泥岩部の杭の最大周面摩擦力度は、泥岩の吸水軟化特性を考慮して表2のとおり設定されていた。また、先端の極限支持力度は文献<sup>2)</sup>に準じて $q_d=4500\text{kN/m}^2$ (泥岩)が適用されていた。なお、設計条件から算出される杭の設計鉛直支持力は、表3のとおりである。

## 5. 杭の衝撃載荷試験

施工後、1.に示した懸念から、杭の設計鉛直支持力の確認を目的に衝撃載荷試験を実施した。試験概要および計測結果を表4に示し、波形マッチング解析を適用して求めた静的抵抗成分(静的支持力)を表5に示す。

表2 島尻層泥岩の最大周面摩擦力(設計採用値)

| 地質              | N値          | 最大周面摩擦力度: $f_{\max}$ (kN/m <sup>2</sup> ) |      |
|-----------------|-------------|-------------------------------------------|------|
|                 |             | 場所打ち杭 <sup>1)</sup>                       | 中掘り杭 |
| 島尻層泥岩<br>(与那原層) | $N \geq 50$ | 70                                        | 56   |
|                 | $N < 50$    | 20                                        | 16   |

【備考】 中掘り杭 $f_{\max}$ は、文献1)に示されている場所打ち杭 $f_{\max} \times 0.8$ として算出  
係数“0.8”は、文献2)の $f_{\max}$ (中掘り杭)/ $f_{\max}$ (場所打ち杭)=0.8の関係を準用

表3 杭の設計鉛直支持力

| 項目              | 支持力      | 備考                           |
|-----------------|----------|------------------------------|
| ①最大周面摩擦力        | 1,492 kN |                              |
| ②先端極限支持力        | 2,263 kN |                              |
| 極限押込み支持力 (=①+②) | 3,755 kN |                              |
| 極限引抜き支持力 (=②)   | 1,492 kN |                              |
| 許容支持力           | 押込み      | 常時 1,269 kN 設計最大反力: 1,229kN  |
|                 |          | 地震時 1,883 kN 設計最大反力: 1,777kN |
|                 | 引抜き      | 常時 277 kN 常時引抜き反力は発生しない      |
|                 |          | 地震時 526 kN 設計最小反力: 346kN     |

表4 衝撃載荷試験概要・計測結果

| 項目   | 概要                                                         |
|------|------------------------------------------------------------|
| 試験基準 | 「地盤工学会: 杭の鉛直載荷試験方法・同解説, 平成14年5月」, 杭の衝撃載荷試験方法(JGS1816-2002) |
| 載荷装置 | 重錘質量3.9tモンケン, 落下高さ2.4m                                     |
| 計測結果 | 杭頭貫入量 37 mm                                                |
|      | 打撃エネルギー 92 kN・m                                            |
|      | 伝達エネルギー 48 kN・m                                            |
|      | 全抵抗 2,480 kN (=静的抵抗成分+動的抵抗成分)                              |

表5 解析結果(静的支持力)

| 項目   | 概要               |
|------|------------------|
| 解析結果 | 周面摩擦抵抗力 35 kN    |
|      | 先端抵抗力 1,258 kN   |
|      | 静的支持力合計 1,293 kN |

キーワード 泥岩, 中掘り鋼管杭, 周面摩擦力, 衝撃載荷試験

連絡先

〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB棟 (株)大林組 橋梁技術部 TEL 03-5769-1306

静的抵抗成分は、計測値として得られる全抵抗から解析により動的抵抗成分を分離することで得られる。また、同解析結果から杭頭における静的荷重に対する荷重-変位関係を求めた。その結果を図2に示す。

## 6. 載荷試験結果に基づく杭の支持力に関する考察

衝撃載荷試験結果を踏まえ、基礎杭の支持力に関する考察を以下に示す。

- 表5から周面摩擦抵抗が期待できない状態が想定され、設計通りの鉛直支持力特性を有していない。
- 荷重-変位関係(図2)はほぼ直線で表されることから、先端地盤は弾性挙動範囲にあると判断でき、設計通りの先端支持力特性を有している(設計通りの支持力を期待できる)。

ここで、中掘り杭の施工方法および周面摩擦力の発現についての考え方を以下にまとめる。

- 鋼管杭先端には、図3に示すフリクションカッターが設置され、地盤との摩擦を切りながら杭を沈設する。したがって、図3に示すとおり、杭周面と地盤間には一時的に空隙が生じる。
- 普通土砂地盤では、時間とともに空隙はなくなり、杭周面と地盤は密着し、その後シキソトロピーの効果により周面摩擦が回復・発揮される。

上記を島尻層泥岩中で考えると、泥岩はフリクションカッターにより生じる空隙に追従した変形を生じる事はなく自立した状態にあると推測される。空隙が埋まったとしても、空隙を埋める土砂は泥岩が吸水軟化した軟弱泥土(スライム)であると考えられる。さらに、

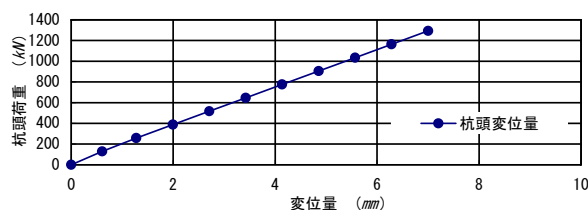


図2 杭頭の静的荷重-変位関係

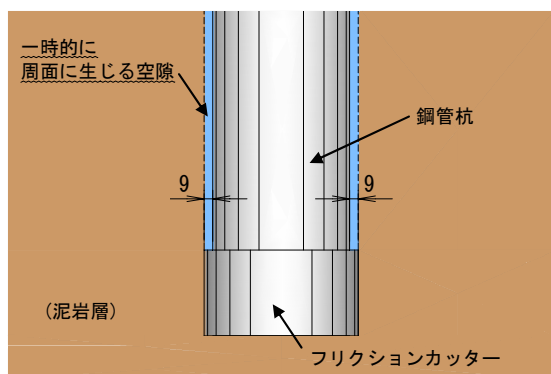


図3 中掘り杭周面の状況(推定)

島尻層泥岩の吸水軟化特性により、中掘り杭のフリクションカッター幅以上の周面地盤の乱れが経時的に生じていることも推測される。

今回の杭基礎に周面摩擦力を期待できないのは、以上のような中掘り工法が有する泥岩との周面機構に起因するものと考えられる。

## 7. 泥岩における杭基礎設計上の留意点

中掘り杭は、上述のように泥岩中では周面摩擦力が期待できない可能性が高く、鉛直支持力の評価が非常に難しい。これを踏まえ、泥岩に対して中掘り杭の適用を検討する場合の設計上の留意点および対策を以下に示す。これは、島尻層泥岩のみならず、土丹等の泥岩全般に対しても言えると考えられる。

- 泥岩中の周面摩擦力を無視した設計を行う。または、事前に載荷試験を実施し、試験結果を反映した設計を行う。施工法による周面摩擦発現機構の相違に留意し、表2のような場所打ち杭の最大周面摩擦力を参照するなどした簡易的な周面摩擦力の評価を適用しない。
- 周面摩擦を期待する場合、図3に示す空隙を埋めるため、周面に恒久グラウトを適用して所要の周面摩擦力を確保することを原則とする。

先端にフリクションカッター(補強バンド)を有する打込み杭も泥岩中では中掘り杭同様の周面摩擦力低下の懸念があるため、上記の対策を講じるなど、適用に際して十分な留意が必要であると考えられる。

## 8. まとめ

島尻層泥岩上の中掘り鋼管杭に対して衝撃載荷試験を実施した。その結果、得られた知見を以下に示す。

- 泥岩上の中掘り杭は、その施工特性(フリクションカッター)により周面摩擦力が期待できない可能性が高い。
- 泥岩上に中掘り杭の適用を検討する場合、泥岩中の周面摩擦力を無視するか、事前に載荷試験を実施して支持力・特性の確認を行う必要があると考えられる。
- 中掘り杭に周面摩擦力を期待する場合は、周面に恒久グラウトを適用し、所要の周面摩擦力を確保する必要があると考えられる。

なお、今回の基礎杭に対しても、不足する周面摩擦力を確保するため杭周面に恒久グラウトを適用した。

**参考文献:** 1) (社)日本道路協会:「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」,平成14年3月, 2) 沖縄県:「土木工事設計 要領第1編」,平成17年11月