

鉛直載荷試験による鉄筋・鋼管ソイルメント杭の軸圧縮耐力の評価

J R 東日本 東北工事事務所 正会員 渡邊 誠司
 J R 東日本 東北工事事務所 正会員 田端 治美
 J R 東日本 建設工事部 正会員 今井 政人

1. はじめに

ソイルセメント杭工法は、現地盤の土を骨材として活用するため、発生土砂の処理が低減でき、かつ、骨材を節約できることから環境負荷が小さく、工事費の低減を図ることが出来る。現在実用化されているソイルセメント杭にはソイルセメント合成鋼管杭があるが、芯材として用いるリブ付き鋼管が高価であるため、使用の拡大があまり進んでいない。これに対し、鉄筋・鋼管ソイルセメント杭は図 - 1 に示すとおり、芯材に単価の安い異形鉄筋と薄肉鋼管(コルゲート管等)を用いるものである。これまで、室内載荷試験等により、杭体としての基本的な力学特性を把握してきた。今回、地盤中に実物大の杭を造成し施工性を確認するとともに、鉛直載荷試験を行った。本稿ではこのうち、杭体の軸圧縮耐力の評価について報告する。

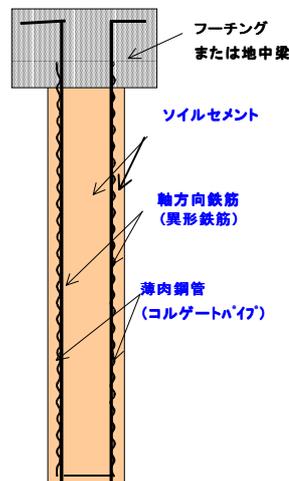


図 - 1 鉄筋・鋼管ソイルメント杭

2. 試験概要

試験杭はN値が5以下の粘性土を主体とした軟弱地盤中に摩擦杭として施工した。杭の仕様を表 1 に示す。試験杭の概要は図 2 に示す通りである。なお、ソイルセメントの圧縮強度は平均で 2.0N/mm²であった。測定項目は、変位(杭頭、中間、先端)、軸方向鉄筋ひずみ(~ 断面、鉄筋ひずみゲージ)、ソイルセメントひずみ(a~e、埋込型ひずみ計)とした。

試験は『杭の鉛直載荷試験方法・同解説』地盤工学会に基づき、多サイクル方式で行った。

表 - 1 杭の仕様

杭径	1200mm
芯材径	800mm
鉄筋	D32
鉄筋本数	16本
薄肉鋼管	コルゲートパイプ
薄肉鋼管厚さ	1.6mm

3. 計測結果

(1)荷重 沈下量関係

試験結果より、第一限界荷重は logP ~ logS 曲線等から 6.23 × 10³kN、第二限界荷重は 7.35 × 10³kN と考えられた。

試験杭の杭頭部および杭中間(断面)、杭先端(断面)の沈下量から、区間変位量と載荷重との関係を図 - 3 に示す。図 - 3 より、杭中間の沈下量が 3.5 × 10³kN 付近で急激に増加したため、グラフに段差が生じているが、杭頭 - 先端の値は 6.8 × 10³kN 付近までは弾性的な挙動を示していることがわかる。また 6.8 × 10³kN のときの区間変位量を区間長で除したひずみは、約 1400 μ であり、室内試験におけるソイルセメントの降伏ひずみ約 2000 μ を下回っている¹⁾。

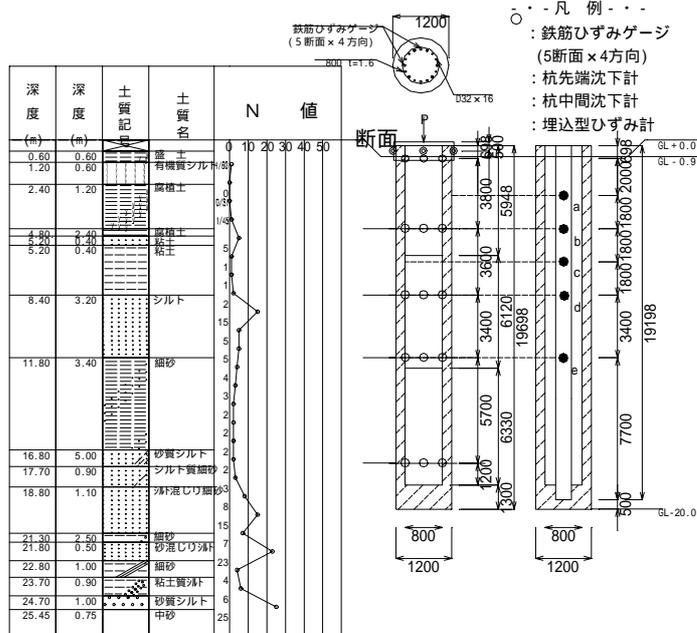


図 - 2 試験杭の概要

この結果から、限界荷重に達するまでに軸力による圧縮破壊は発生していないものと考えられる。

(2)荷重 軸力関係

コルゲートパイプは軸力をほとんど負担しないため、杭体に発生する軸力は、軸方向鉄筋、ソイルセメントの各ひずみ、弾性係数、断面積の掛け合わせた値の和と考えられるため、(1)式を用いて軸力P(kN)を算定することとした。

$$P = \mu_c E_c A_c + \mu_s E_s A_s \quad (1)$$

μ_c :ソイルメントひずみ(μ) μ_s :軸方向鉄筋ひずみ(μ)

E_c :ソイルメントの弾性係数(kN/m²) E_s :軸方向鉄筋の弾性係数(kN/m²)

A_c :ソイルメントの断面積(m²) A_s :軸方向鉄筋の断面積 D32-16 本(m²)

ソイルセメントの断面積はコルゲート管外部を含めた杭径 1200mm の改良体実断面積を用いた。また、ソイルセメントの弾性係数は試験杭より採取したコアの圧縮試験結果より求めた。

計算に用いた値を表-2に、同一断面において軸方向鉄筋のひずみおよびソイルセメントのひずみデータがある断面、断面について載荷重と軸力との関係を示したグラフを図4にそれぞれ示す。

グラフより、杭頭に近い断面では、軸力は線形的に増加し、鉄筋ひずみが約 2000 μ を越える付近(計算上の軸力が 6.8×10^3 kN)より急増している。これは、鉄筋とソイルセメントが付着切れを起こし、鉄筋が塑性化してひずみが急増したことによるものと考えられる。しかし、試験後に杭頭部を掘削して、断面の杭体の状態を確認したところ、鉄筋とソイルセメントとの付着切れは、目視では確認できず健全な状態であった。一方断面では深度が深くなり、軸力も小さくなるため付着は切れていないと考えられる。

(3)圧縮耐力

圧縮耐力については、室内載荷試験では鉄筋コンクリート構造と同様に、鉄筋の圧縮降伏強度 f'_{syd} 、ソイルメントの圧縮強度 f'_{cd} とそれぞれの断面積 (A_s 、 A_c) との積の和で計算できることが確認されている。

今回の杭諸元 ($f'_{syd} = 3.43 \times 10^5$ kN/m²、 $f'_{cd} = 1.96 \times 10^3$ kN/m²、表-2の A_s 、 A_c) に基づいて計算した値 6.55×10^3 kN に対して、杭載荷試験においては軸力が 6.80×10^3 kN を越える付近で鉄筋が塑性化してひずみが急増しているが、杭体の軸圧縮破壊には至っていない。実杭においては、計算値を上回る圧縮耐力があることがわかる。このことから、実杭の設計に際しても、圧縮耐力の計算は同様に行えると考えられる。

4. おわりに

今回の試験結果より、地盤中に造成された鉄筋・鋼管ソイルセメント杭の軸圧縮耐力の算定は、室内載荷試験の結果と同様に、鉄筋の圧縮降伏強度、ソイルセメントの圧縮強度とそれぞれの断面積との積の和で計算できることがわかった。今後、これらの試験結果を踏まえ鉄筋・鋼管ソイルセメント杭の杭体としての設計法を確立していきたいと考えている。

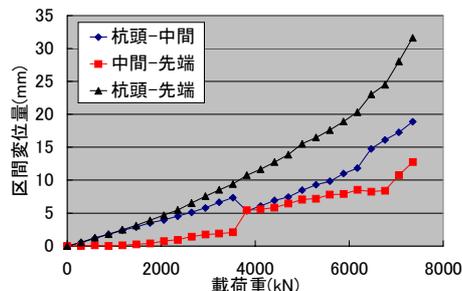


図-3 載荷重と区間変位量との関係

表-2 計算に用いた値

項目	単位	値
③断面 E_c	kN/m ²	1.528×10^6
④断面 E_c	kN/m ²	1.793×10^6
E_s	kN/m ²	2.058×10^8
A_c	m ²	1.118
A_s	m ²	1.271×10^{-2}

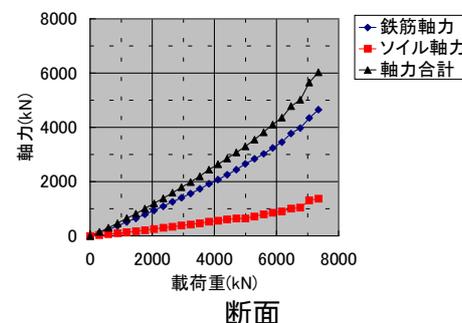
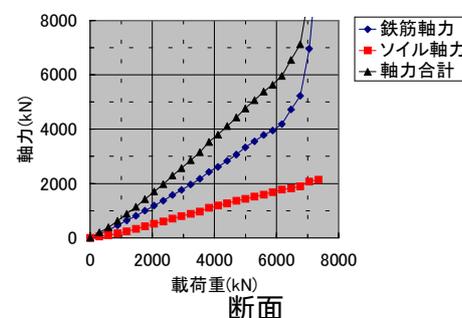


図-4 載荷重と軸力の関係