

簡易な急速載荷試験の実験的研究(その3) —試験結果の利用法に関する一考察—

新日鉄住金エンジニアリング	正会員	○澤石正道	正会員	和田昌敏
システム計測	正会員	中西義隆	正会員	成田雅章
東京工業大学	正会員	高橋章浩		

1. はじめに

「簡易な急速載荷試験の実験的研究(その1)(その2)」¹⁾²⁾では、開発した簡易な急速載荷試験方法(以下、本試験と呼ぶ)を用いて、人力施工された杭に複数ケースの試験を実施した。その結果、本試験は一般の急速載荷試験と同様に、除荷点法を用いて杭の荷重変位関係が得られる方法であることを示した。一方、本試験は装置の大きさに制約があるため、重錘の落下高さを変えて段階的な荷重変位関係を得るのは困難であり、確認できる載荷荷重にも制限があることが分かっている。ここでは、これらの制限の元、本試験で得られる結果の利用法について検討する。

2. 回転杭の設計支持力

図1に本試験で用いた回転杭を示す。杭の寸法は、杭径 $D_p=60\text{mm}$ 、板厚 4.2mm 、杭長 1500mm 、羽根径 $D_w=160\text{mm}$ 、羽根区間長 $L_w=1440\text{mm}$ である。地盤はスウェーデン式サウンディング試験による換算 N 値で 3.7 である。

ここで、回転杭の支持力評価式³⁾を用いて、第2限界抵抗力相当の設計支持力 R_d (右辺第1項が周面抵抗、第2項が先端抵抗)と地盤バネ K_{sv} (周面抵抗) + K_{wv} (先端抵抗)を以下のように算定する。

$$R_d = (8 \cdot N) \cdot D_w \cdot \pi \cdot L_w + 4.5 \cdot q_u \cdot A_{wo}$$

$$= (8 \times 3.7) \times 0.16 \times \pi \times 1.44 + 4.5 \times (12.5 \times 3.7) \times (0.16^2 - 0.06^2) \times \pi / 4$$

$$= 24.9 \text{ kN}$$

$$K_{sv} = k_{sv} \cdot U_w \cdot (L_w - D_w) \quad k_{sv} = 0.15 \cdot \alpha \cdot E_0 \cdot D_w^{-3/4} = 0.15 \times 2 \times 9250 \times 0.16^{-3/4} = 10969$$

$$K_{wv} = k_{wv} \cdot A_{wo} \quad k_{wv} = 1.5 \cdot \alpha \cdot E_0 \cdot D_w^{-3/4} = 1.5 \times 2 \times 9250 \times 0.16^{-3/4} = 109692$$

$$K_{sv} + K_{wv} = 10969 \times 0.5027 \times (1.44 - 0.16) + 109692 \times 0.01728 = 7058 + 1895 = 8953 \text{ kN/m}$$

ここに、換算 N 値 $N = 3.7$ 、一軸圧縮強さ $q_u = 12.5 \cdot N = 46 \text{ kN/m}^2$ 、羽根周長 $U_w = \pi \cdot D_w = 0.5027 \text{ m}$ 、羽根面積 $A_{wo} = (D_w^2 - D_p^2) \cdot \pi / 4 = 0.01728 \text{ m}^2$ 、変形係数 $E_0 = 2500 \cdot N = 9250 \text{ kN/m}^2$ 、補正係数 $\alpha = 2.0$ とする。

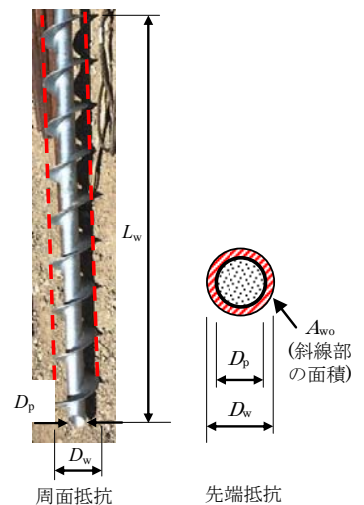


図1 小口径回転杭

3. 試験結果と考察

図2に本試験で除荷点法により得られた養生期間の異なる杭と押し込み試験(連続載荷方式)による施工当日の杭の荷重変位関係(杭頭荷重、杭頭変位)を示す。加えて、前節で求めた設計支持力によるバイリニアな荷重変位関係も同図に示す。施工当日の杭は、押し込み試験の結果から、設計に比べ初期勾配が若干小さく、設計支持力の $1/2$ 程度から降伏しているが、第2限界抵抗力の基準変位を羽根径の 10% (16mm) とすると、第2限界抵抗力は設計支持力 24.9kN を上回っている。

一方、本試験による施工当日の杭の試験結果は、押し込み試験の降伏荷重レベルである $13 \sim 15\text{kN}$ で荷重が横ばいになり変位が進んでいる。これは、杭の支持地盤であるロームは乱れを受けると強度低下する特性があるため、静的な試験に比べ動的な試験の方が、その影響を受けやすいためと推測する。また、本試験では、養生期間が長いほど最大荷重、初期勾配とも大きくなっており、どの結果も設計支持力や施工当日の押し込み試験の結果と大きく外れていない。

キーワード 急速載荷試験, 押し込み試験, 回転杭, 設計支持力, 杭の施工品質

連絡先 〒141-8604 東京都品川区大崎 1-5-1 新日鉄住金エンジニアリング(株) 090-7004-2017

4. 試験結果の利用法

4.1 設計支持力の確認

図2に示すように70日養生した杭に対して、本試験でクッション材の段数を変えると、異なる荷重ステップでの荷重変位関係を得ることができている。また、その荷重変位関係をつなぐ曲線は、設計で求めた初期勾配とよく合っており、最大荷重は設計支持力を上回っている。

よって、本試験は一般の急速载荷試験と同様に設計支持力の確認に利用できる可能性があるものと考えられる。

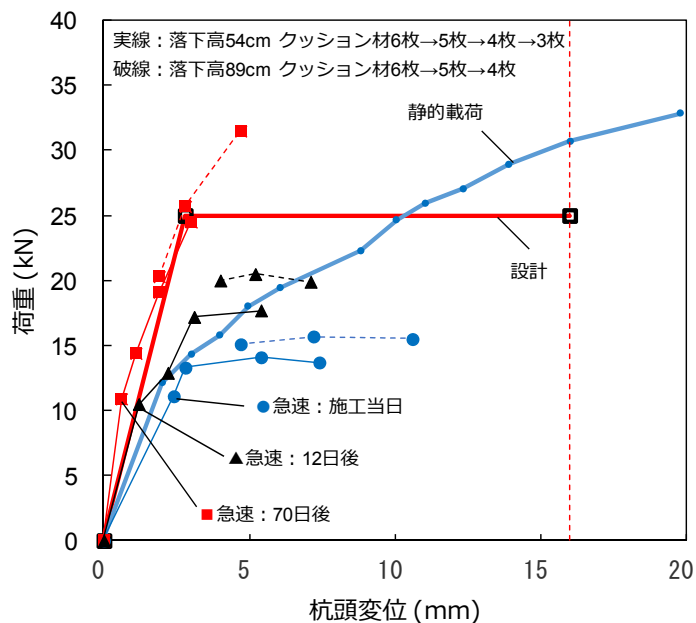


図2 本試験と押込み試験の荷重変位関係

4.2 杭の施工品質の確認

表1に試験から得られた各ケースの荷重、変位、初期勾配（荷重/変位）を示す。養生期間が長いほど最大荷重は大きくなっており、養生期間によらず、初回の载荷荷重は各ケースとも同等となっている。

しかし、原点と初回の荷重を結ぶ初期勾配は、施工当日の杭が設計に対し51%と小さな値を示し、12日後の杭で設計と同等、70日後の杭で設計の2倍程度と養生期間に応じて変化している。

表1 各ケースの荷重、変位と初期勾配

	急速载荷			押込み 施工当日	設計
	施工当日	12日後	70日後		
最大荷重または 第2限界抵抗力(kN)	15.7	20.5	31.5	30.7	24.9
初回の载荷荷重(kN)	11.1	10.5	10.9		
初回の変位(mm)	2.4	1.2	0.6		
初期勾配(kN/mm)	4.6	8.8	18.2	6.0	9.0
(設計に対する割合)	(0.51)	(0.97)	(2.02)	(0.67)	(1.00)

ここで、本試験を杭の施工品質の判定に利用する方法を考える。できるだけ多くの杭で試験を行うには、1回の载荷で施工した杭の良否を判定できることが望ましい。今回の地盤条件であれば、1本目の杭施工当日に本試験を実施し、初回の载荷で得られた初期勾配の値（例えば、設計地盤パネの50%程度）を管理値として設定する。そして、本杭の施工後に本試験を実施して、得られる初期勾配が管理値と同等であることを確認する。以上のような方法で、施工品質の確認に利用できる可能性があると考えられる。

5. おわりに

本研究では、人力施工した小口径回転杭に対して実施された簡易な急速载荷試験の結果について、その利用方法を検討した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 十分養生をした杭に対する設計支持力の確認試験として、本試験を利用できる可能性がある。
- (2) 1本目の杭施工当日に本試験を実施して得られた初期勾配（荷重/変位）を管理値として設定することにより、その管理値を目安として、本杭の施工品質の確認に本試験を利用できる可能性がある。

参考文献

- 1) 成田ら，簡易な急速载荷試験の実験的研究（その1）－試験概要－，土木学会第72回年次学術講演会講演概要集，投稿中
- 2) 中西ら，簡易な急速载荷試験の実験的研究（その2）－試験結果に関する考察－，土木学会第72回年次学術講演会講演概要集，投稿中
- 3) 土木学会，回転圧入鋼管杭（NS エコスパイラル）の設計施工法に関する技術評価報告書，土木学会技術推進ライブラリーNo.13, 2013.