

小口径回転圧入鋼管杭の急速載荷試験事例

鉛直載荷試験 鉄道総合技術研究所 国際会員 西岡 英俊 地盤試験所 正会員 高野 公作
 小口径回転圧入鋼管杭 鉄道総合技術研究所 正会員 加藤 久也 地盤試験所 正会員 亀井 秀一
 新日鉄住金エンジニアリング 正会員 和田 昌敏 地盤試験所 非会員 小林 剛
 新日鉄住金エンジニアリング 正会員 中澤 公博 地盤試験所 正会員 ○中山 敦

1 はじめに

近年、軟クッションを用いた重錘落下方式の杭の急速載荷試験が実用化され、様々な事例が報告されている。しかし、静的載荷試験と急速載荷試験の結果を比較した報告例はあまり多くない。そこで今回静的載荷試験と急速載荷試験との結果の整合性を確認するため、小口径の鋼管杭で両試験を実施した。急速載荷試験の結果については、除荷点法解析による杭の静的抵抗力の算出と、K-WAVE を用いた波形マッチング解析による周面摩擦力の算出を行った。

本稿は今回静的載荷試験と急速載荷試験の両試験を実施した 3 本の杭について、急速載荷試験の試験概要と結果を、静的載荷試験との比較に重きを置き著したものである。

2 試験概要

2-1 試験装置

急速載荷試験 (以下 RLT と記す) は杭頭に動的な荷重を加える載荷試験であり、大規模な反力装置を必要とせず試験杭 1 本で支持力の確認が可能な試験である。今回実施した杭の RLT には、図-1 に示す重錘落下方式試験装置を使用した。試験に使用した重錘、軟クッション等の装置概要を表-1 に示す。静的載荷試験 (以下 SLT と記す) の結果を参考にし、質量 3.5t の重錘を 1.75m の高さから自由落下させれば SLT の試験最大荷重を十分満足する荷重を載荷できることを確認して装置の選定を行った。重錘の落下による載荷時間は、杭に生じる波動現象を無視できる時間 (相対載荷時間 $500 \geq Tr \geq 5$) を確保する必要があるため、軟クッションに必要なばね定数をあらかじめ算出し、使用する軟クッションの高さを決定した。



図-1 載荷試験装置

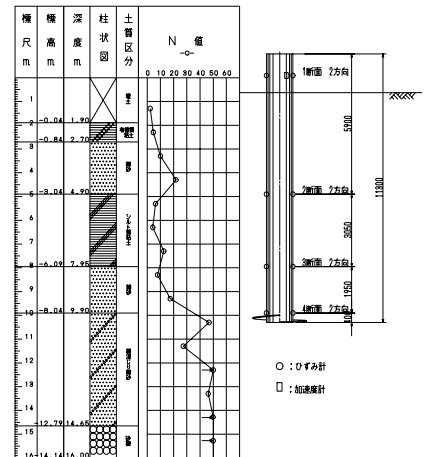


図-2 試験地盤及び試験杭

表-1 試験装置仕様

重錘質量 t	最大落下高さ m	ばね定数 kN/m	クッション高さ cm
3.5	1.75	17,989	34.6

表-2 試験杭仕様

杭種別	杭長 m	施工長 m	杭径 mm	板厚 mm	羽根径 mm
回転圧入鋼管杭	11.3	9.67	190.7	8.2	381

2-2 試験杭および試験地盤仕様

図-2 に試験地盤の土質柱状図を、表-2 に試験杭の仕様を示す。図-2 から分かる通り、今回の杭は明確な支持層に根入れしている杭ではない。また、今回の試験杭は回転圧入鋼管杭工法で施工した後 4 週間の養生期間をとり SLT (2 本押し込み : V1-SLT、V2-SLT、1 本引抜き : T1-SLT) を実施、その後 RLT (V1-RLT、V2-RLT、T1-RLT) を実施した。T1-SLT を実施した杭は、一旦静的試験前の杭頭高さまで打ち直した後に T1-RLT を実施した。なお、これらの静的載荷試験は、群杭に偶力が作用した場合の抵抗特性の違いを把握するために実施された試験²⁾であり、上述の 3 本の試験杭のうち V2 と T1 は、杭中心間隔 1.5Dw (Dw:翼径) に近接しており押し込み試験と引抜き試験を同時に行う偶力載荷試験として実施された杭である。

2-3 計測項目

計測項目は図-2 に示す通りブリッジタイプひずみ計 4 断面 2 方向計 8 点と圧電タイプ加速度計杭頭 2 点とした。

3 試験結果

3-1 静的抵抗力解析結果

図-3、表-3 に各 RLT の除荷点法解析の結果を示す。図-3 から、3 試験ともに杭がフルモビライズされ、支持力が最大限に発揮されていることが分かる。また、引抜き試験を実施した杭 T1 では、押し込み試験を実施した他 2 本の結果と比べ変位の進みが大きく、沈下剛性値が小さいことが分かるが、これは先端付近の地盤性状の違いによるものと考えられる。

表-3 除荷点法解析結果

試験杭	最大落下高 m	静的抵抗力 kN	除荷点変位 mm
V1	1.40	740	54.4
V2	1.75	944	47.1
T1	1.40	785	68.5

Case Report of Rapid Load Test of Screwed Steel Pile

H NISHIOKA¹⁾, H KATO¹⁾, M WADA²⁾, K NAKAZAWA²⁾, K TAKANO³⁾, S KAMEI³⁾, G KOBAYASHI³⁾, A NAKAYAMA³⁾

¹⁾ Railway Technical Research Institute, ²⁾ Nippon Steel & Sumikin Engineering Co., Ltd, ³⁾ Jibanshikenjo Co., Ltd

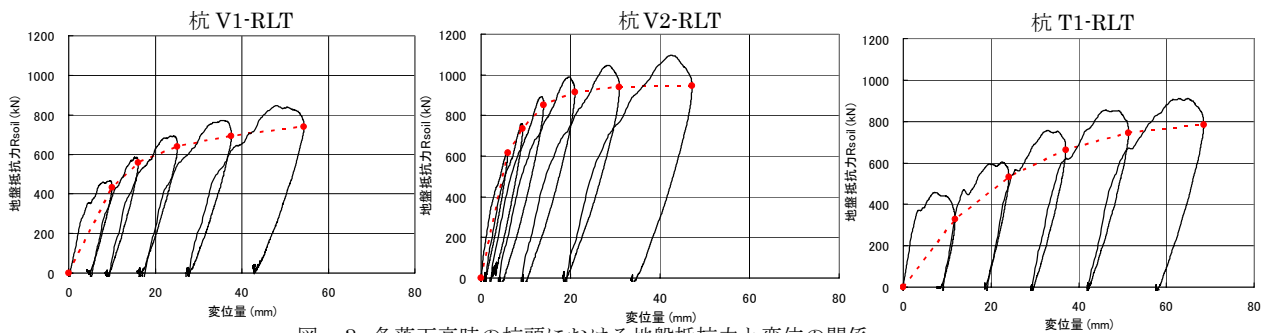


図-3 各落下高時の杭頭における地盤抵抗力と変位の関係

3-2 地盤抵抗力

押し込み試験を実施した2本の杭について、RLTの結果を押し込み試験の追加サイクルと考えると荷重—沈下量の関係を図示したのが図-4である。またT1-RLTは、引抜き試験を実施した杭であるため先端地盤は押し込み方向の荷重履歴の影響を受けていない。したがって、押し込み試験の荷重～変位グラフと同じポイントから荷重～変位グラフをプロットした。また、各試験の結果から杭の極限支持力はWeibull分布曲線法を用いて推定をした。図-4からSLTとRLTの結果がほぼ同じ値に収束していることが分かる。また、荷重時間や荷重履歴の要因により荷重沈下特性が異なるグラフも見受けられるが、極限支持力の値はSLTとRLTとでほぼ一致している。

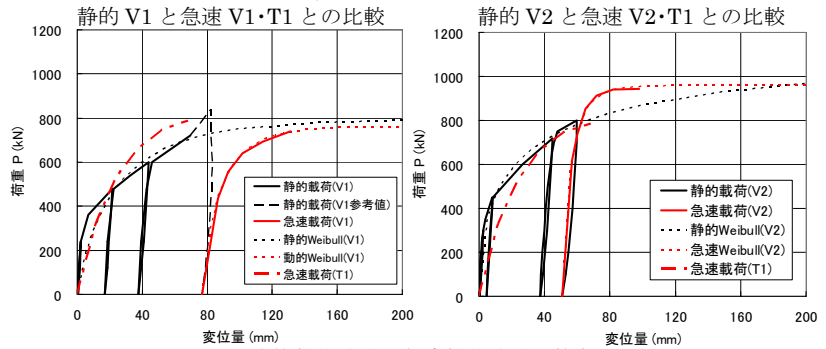


図-4 静的荷重試験と急速荷重試験の整合性

3-3 周面摩擦力と先端支持力

K-WAVEを用いて波形マッチングを行い周面摩擦力と先端支持力を分離したRLTの地盤抵抗力を、SLTより求めた抵抗力と比較しプロットした結果を図-5、6に示す。比較に当たっては、周面と先端に分離する前の地盤抵抗力に近い荷重段階同士を抽出した。先端抵抗力の一致が顕著に分かり、また周面摩擦力度も多少のバラツキが見られるものの、おおむね良好な相関関係を持っている。

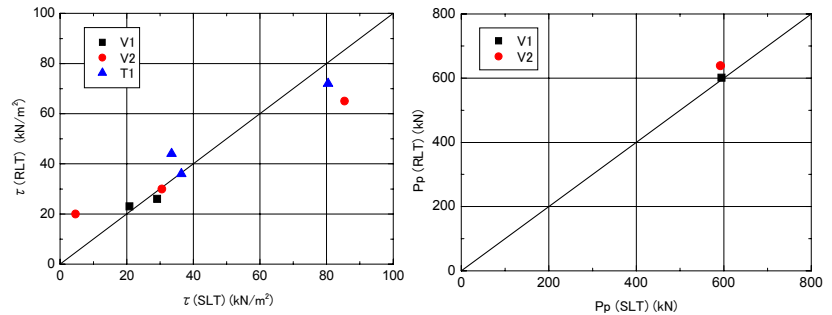


図-5 周面摩擦力度の比較

図-6 先端抵抗力の比較

表-4 沈下剛性値比較

試験杭	試験種別	10mm変位時 (kN/mm)	38.1mm変位時 (kN/mm)
V1	静的	39	15
V2	静的	46	18
T1	急速	28	18

3-4 沈下剛性値

杭先端付近の地盤が押し込み方向の荷重履歴の影響を受けていない3試験(V1-SLT、V2-SLT、T1-RLT)において沈下剛性値を表-4、図-7に比較した。RLTとSLTの沈下剛性値は、杭頭が10mm変位した時に比べ、第2限界抵抗力時(杭先端羽根径の10%変形時)の方がより近い値に収束している。初期段階の沈下剛性の違いは引抜き試験の荷重～変位履歴等の影響と考えられる。グラフより、第2限界抵抗力まで載荷することでSLTとRLTの相関性が高まると推定される。

4-まとめ

今回のRLTの結果から分かる主な特徴は下記のとおりである。

- ①荷重—沈下量曲線およびWeibull分布曲線法より、SLTとRLTから分かる極限支持力は非常に近い結果であった。
- ②RLTの波形マッチング解析は、先端抵抗力・各層毎の周面摩擦力ともにSLTの結果とよく一致していた。
- ③第2限界抵抗力時の沈下剛性値がSLTとRLTで近い値を示していた。

【参考文献】

- 1) 地盤工学会基準 杭の鉛直荷重試験方法・同解説 第一回改訂版(2003.5)
- 2) 中澤公博,和田昌敏,加藤久也,西岡英俊,その他; 小口径回転圧入鋼管杭の現地偶力荷重試験 (その1:試験概要),第49回地盤工学研究発表会,九州,2014年7月

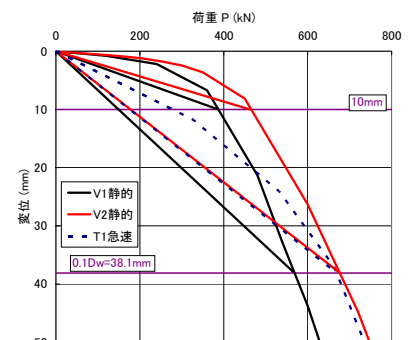


図-7 沈下剛性値比較図