

ハイスピードカメラを用いた急速载荷試験における杭の鉛直変位の補正方法（その1：概要と計測結果）

杭，急速载荷試験，変位計測
Pile, Rapid load test, Displacement measurement

地盤試験所	国際会員	○MANDAL Ram Krishna
地盤試験所	正会員	吉國 将大
地盤試験所	国際会員	林 世峻
地盤試験所	国際会員	亀井 秀一
地盤試験所	国際会員	山本 伊作
金沢大学名誉教授	国際会員	松本 樹典

1. はじめに

杭の急速载荷試験（RLT）では，一般的に杭頭に設置した加速度計から得られた加速度の値を時間に関して 2 階積分することにより杭頭の変位量を算出している。また，地盤工学会基準の「杭の鉛直载荷試験方法・同解説 急速载荷試験方法」では，レーザー変位計または光学式変位計（カメラ）を使用して杭頭変位を直接測定することを推奨している。基準では杭とカメラ間の距離は 10m 以上離す必要があると定められている。これは，RLT の際にハンマーを杭に落下させると，せん断波が杭から放射状に周囲の地盤に伝播してカメラに振動を与えるため，その影響を考慮したものである。本稿は，RLT の変位計測において，せん断波が光学式変位計（カメラ）に与える影響を調べ，その補正方法を述べるものである。



写真-1 急速载荷試験装置

2. 試験内容

本計測のための RLT は，鋼管杭（外径 $D=267.4\text{ mm}$ ，長さ $L=12.1\text{ m}$ ）に対して軟クッション重錘落下方式（重錘質量 $m_h=3.5\text{ ton}$ ，重錘落下高さ $h=2.83\text{ m}$ ）であるハイブリッドナミック試験（写真-1）で実施した。試験杭にはひずみ計と加速度計を設置して荷重と変位量の関係を求めた。図-1 に示すように杭の直接変位の測定は，杭頭部に設置した LED ターゲットを杭から 10m 離れた位置に設置したハイスピードカメラ（写真-2）で測定した（カメラの仕様は表-1 を参照）。カメラで記録された画像を処理することで，変位量を求めることができる。

表-1 ハイスピードカメラの仕様

ターゲット	任意（LED ターゲット推奨）
最大サンプリング周波数	12.8kHz（解像度 1024×1024 時）
データ数	21,760（32GB）
基準距離	10m
分解能	0.1mm（解像度 1024×1024 時）



写真-2 ハイスピードカメラ

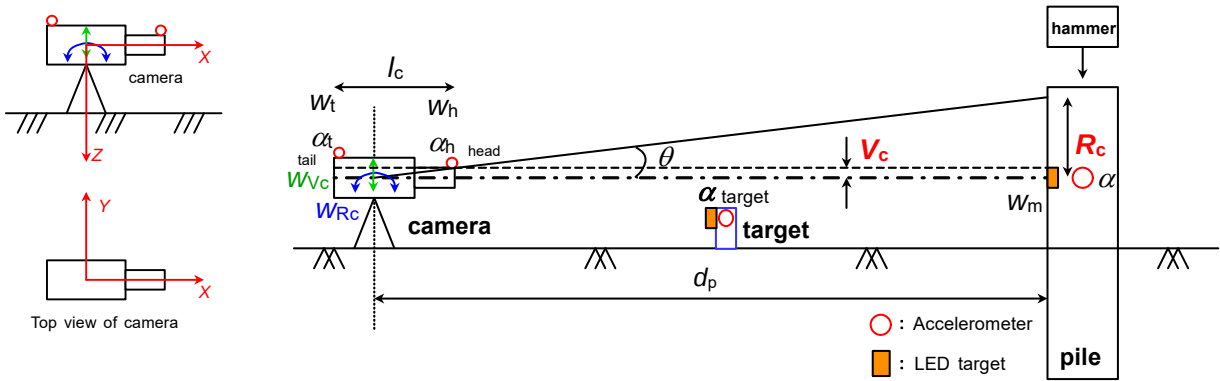


図-1 変位計測概略図

w_m = 測定された杭の変位， w_{vc} = カメラの鉛直変位， w_{rc} = カメラのロッキング運動による鉛直変位差，
 l_c = カメラの先端と後端の長さ(350 mm)， α_t = カメラ後端の加速度， α_h = カメラ先端の加速度
 w_t = カメラ後端の変位， w_h = カメラ先端の変位， θ = 傾斜， α_{target} = 地表面ターゲットの加速度
 V_c = カメラの鉛直方向変位に対する補正值， R_c = カメラのロッキング運動に対する補正值，
 α = 杭の加速度， d_p = 杭とカメラの間の距離(10 m)

Correction method for vertical displacement of a pile using a high-speed camera in rapid pile load test (Part 1: Overview and measurement results)

Mandal R.K., Yoshikuni M., Lin S., Kamei S., Yamamoto I. (Jibanshikenjo Co.), Matsumoto T. (Kanazawa University)

重錘落下時の地盤のせん断波が変位計測に与える影響として、カメラ本体の鉛直方向振動による計測誤差とロッキング運動による計測誤差が考えられる。そこで、カメラ本体の微小な動きによる誤差を測定するために、カメラの先端と後端に3軸の加速度計を設置した。さらに、カメラと杭の中間位置の地表面に打込んだターゲット板にも3軸の加速度計とLEDターゲットを設置した。杭の残留沈下量についてはオートレベルにより目視で計測した。

3. 計測結果

図-2 は、RLT においてカメラの先端と後端および地表面のターゲットに設置した加速度計の計測データである。加速度の値を時間に関して2階積分して変位量を算出した。同図から、カメラの先端部の鉛直方向(Z方向)の変位がカメラの後端やターゲットの変位よりも大きいことが確認できる。一方で、ターゲット板の変位はカメラの変位と比べてかなり小さい。

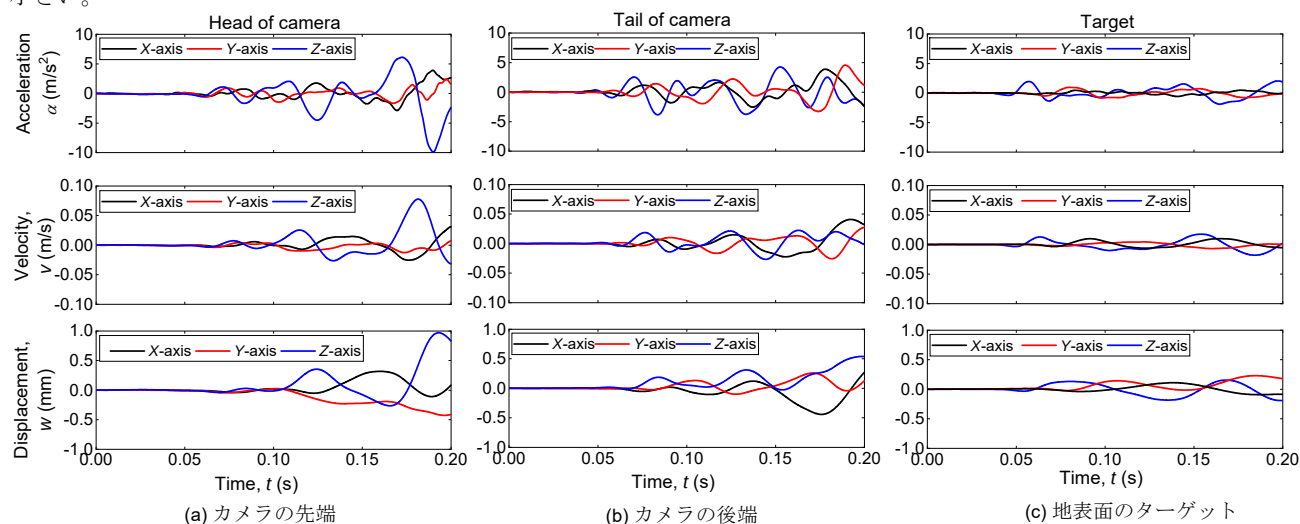


図-2 加速度計から算出したカメラ本体とターゲットの変位

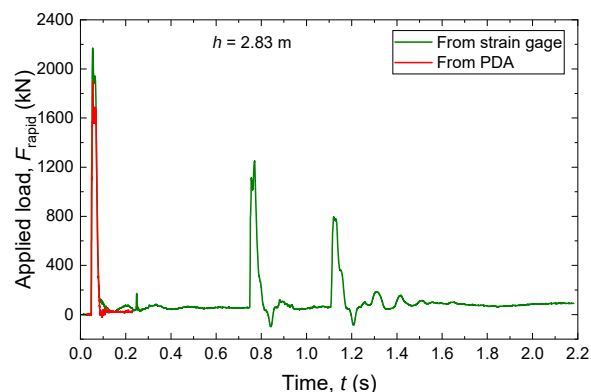


図-3 荷重の計測値

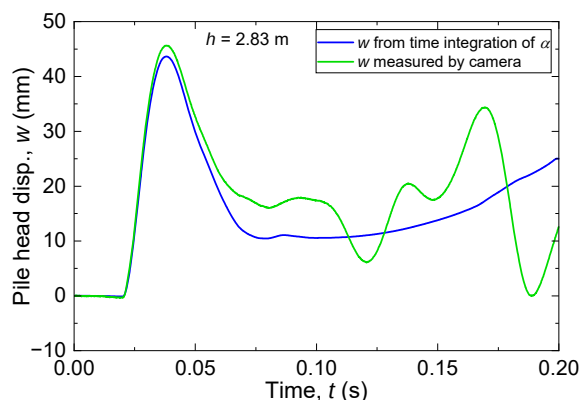


図-5 カメラと加速度計で計測した杭頭変位

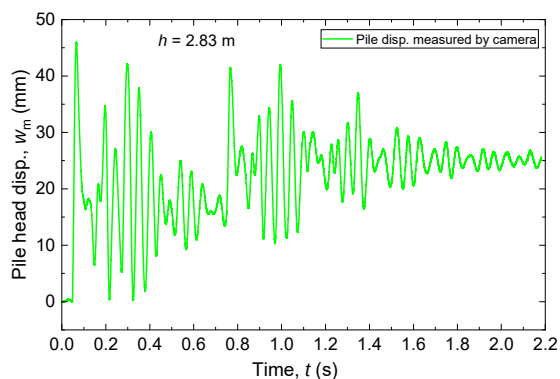


図-4 カメラで計測した杭頭変位

図-3, 図-4 は、急速荷重試験で計測した杭頭荷重とカメラで計測した杭頭変位量である。図-5 は、杭頭部に設置した加速度計から求めた変位とカメラで計測した変位の比較である。ただし、加速度測定は $t = 0.2$ s までである。

図-3 では、ハンマーの跳ね返りにより複数回の打撃が発生していることが確認できる。図-4 と図-5 より、カメラで計測した変位データは、ノイズが多く見られ、図-2 で示した地盤のせん断波の影響を受けていると考えられる。また、加速度計から算出した杭頭変位と比べると、変位の最大値は同じように再現できているが、せん断波の影響を受けている 0.1 秒以降の計測値では、変位が大きく変動し計測誤差が発生していると考えられる。

4. おわりに

(その2) では、カメラで計測した変位データについて補正方法を報告する。

参考文献 JGS 1815-2002 杭の鉛直荷重試験方法・同解説（第一回改訂版）杭の急速荷重試験方法，地盤工学会