

日本大学 正会員 ○山田 清臣
 会 正会員 大島 毅
 アサヒ光学 正会員 鈴木 芳朗

1. まえがき

くいの沈下機構と土の変形現象から解明したいと考え、そのオ1段階としてくい周辺の土の変形測定を行なっている。変形現象測定にはいくつかの方法があるが、本研究では固定焦点方式の近距離写真測量用カメラ(ステレオカメラST-40)による写真測定法を用いている。また撮影した写真は高精度のコンパレータおよびコーディネータによって変形量を測定した。

写真測定法には、測定精度、測定技術上いろいろの問題があるが、慎重な配慮をすれば、変形測定用としてかなり適用性が高いと考える。本研究では、坐標測定機としてコンパレータを用いた場合原図上で5μ、コーディネータを用いた場合、印画紙上で50μのオーダーで測定できることがわかった。本報告は、モデル土槽に砂を詰めてくいの貫入試験時のくい周辺の砂の変形現象測定のうち、主として写真測定法についての結果を報告するものである。

2. 実験装置、測定および解析

実験装置 図-1に示すような1000×800×100の両面ガラス張りの実験槽に砂(またはガラス棒)を詰めたモデル地盤を作り、中央部に50×98の断面をもつ木製くいの貫入試験を行なった。砂の変形現象を写真で測定するために、ガラス板(前面)に密着させて木ネジのターゲット(頭部径4.8mm、長さ7mm)を大略2cm間隔に砂層内に埋め込んでいる。

写真撮影装置 モデル土槽のガラス板(前面)に対して2.5m離れて、正確に平行に近距離写真測量用カメラを設置して、各载荷段階ごとに撮影した。撮影には、NEG乾板を用いた。カメラの性能は表-1に示す。

表-1 近距離写真測量用カメラの性能

- 1) 名称 Stereometric-Camera ST-40
- 2) レンズ 焦点距離 $f=66.19\text{mm}$, 絞り $F8\sim32$
- 3) ピント 固定焦点方式, 被写界深度 $2\sim4\text{m}$
- 5) 有効画角 水平方向 64° , 垂直方向 32°
- 6) 使用乾板 AGFA, GEVA, PAN 33-PLATE

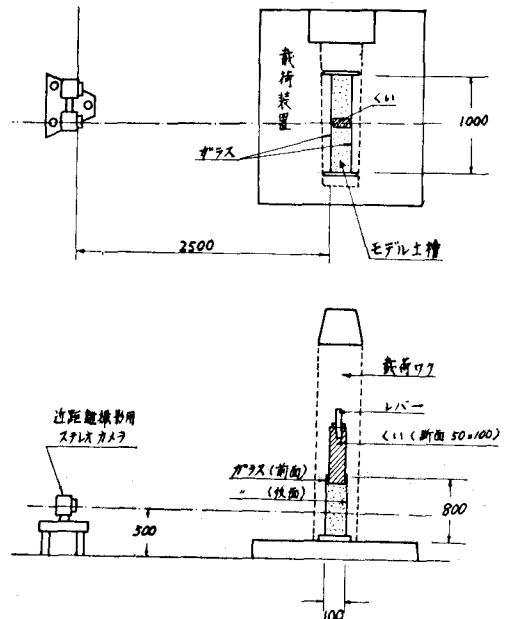


図-1 実験装置

- 4) シャッター 1 sec. ~ 1/500 sec.
- 7) 写真画枠サイズ 60×80 mm

坐標測定方式。 各荷重段階でのターゲットの坐標の読取りは、次の2通りの方法によった。

- A) コンパレータによる法 NEQ 乾板をそのままコンパレータ(ステレオメータ)にかけ、各ターゲットの坐標(x, y)を測定する。
- B) コーディネータによる法 自動偏歪修正機(SEG-V)にて6倍の伸し写真を作成し、コーディネータにかけてターゲットの坐標(x, y)を測定する。

坐標測定機の性能は、表-3のFに示す。

解析。変形量は、上述のA)またはB)法によって得られた坐標値に写真の倍率の逆数を乗じた値(実寸坐標値)の各荷重段階の差によって求められる。今回の実験の倍率の逆数は、A)法の場合35/11, B)法の場合5.952であった。

3. 解析精度について

表-2 坐標測定機の読取り値のバラツキ
(30回読定)
(a) コンパレータの場合

試験 種別	標尺番号	原版上でのバラツキ		実寸に拡大した場合のバラツキ		
		σ_x	σ_y	σ_x	σ_y	σ_o
G-1	0502	0.0032	0.0028	0.1170	0.1035	0.1562
	0712	0.0050	0.0057	0.1808	0.2047	0.2908
	1520	0.0044	0.0046	0.1571	0.1658	0.2284
S-1	0401	0.0019	0.0027	0.0705	0.0971	0.1199
	0707	0.0033	0.0027	0.1179	0.0973	0.1527
	0114	0.0044	0.0027	0.1582	0.0973	0.1859
A-1	1030	0.0051	0.0037	0.1743	0.1283	0.2036
	4030	0.0053	0.0031	0.1824	0.1079	0.2119
	8030	0.0041	0.0025	0.1413	0.0870	0.1659
$\bar{\sigma}$		0.0041	0.0034	0.1444	0.1210	0.1881

コンパレータ(A法)とコーディネータ(B法)の読取り精度を検討するため、全ターゲット中の3カ所を選び各30回の坐標読取りを行ない、各点の標準偏差を求めた。またバクトルへの影響として σ_o を計算し、結果と表-2(a)および(b)に示す。今回の実験結果は、表-2中の試験種別S-1であり、G-1およびA-1は別の研究についてのデータである。

コンパレータ(A法)の場合は、乾板上での読取り値の標準偏差(σ_x, σ_y)は3~5 μ で、実寸法に直すと約0.12mm~0.14mm(σ_x, σ_y)である。コーディネータ(B法)の場合は、ポジ印画上で36~54 μ であり、実寸法に直すと約0.21~0.3mmである。すなわち両坐標測定機共に読取り精度は、両機の公称精度(表-3参照)程度であらうと考えてよいようである。

今回の実寸の読取り精度の目標は0.1mmであったので、今少し精度をあげなければならない。そこで、カ

(b) コーディネータの場合

試験 種別	標尺番号	原版上でのバラツキ		実寸に拡大した場合のバラツキ		
		σ_x	σ_y	σ_x	σ_y	σ_o
G-1	0502	0.0478	0.0368	0.2848	0.2189	0.3592
	0712	0.0530	0.0468	0.3154	0.2782	0.4205
	1520	0.0538	0.0438	0.3201	0.2604	0.4126
S-1	0401	0.0650	0.0454	0.3869	0.2702	0.4718
	0707	0.0665	0.0000	0.3096	0.0000	0.3096
	0114	0.0498	0.0395	0.2962	0.2351	0.3782
A-1	1030	0.0727	0.0396	0.4228	0.2301	0.4813
	4030	0.0427	0.0320	0.2482	0.1859	0.3101
	8030	0.0340	0.0423	0.1976	0.2459	0.3155
$\bar{\sigma}$		0.0539	0.0362	0.3091	0.2139	0.3758

メラの焦点距離を短かくしてさらに近接撮影ができるようにし、また乾板を今一度大型乾板に引伸ばし精度を高める方法を検討している。

5. 写真測定法の問題点

変形現象測定に写真測定法が有効な方法であることは知られてゐる通りであるが、いくつかの問題をもっているのを、以下簡単に述べておきたい。写真測定法の手順は一般に次の段階がある。

- 1) 撮影；カメラ
- 2) 現像；フィルム、乾板
- 3) 引伸；引画紙、引伸機
- 4) 坐標測定；坐標測定機

表-3 撮影から坐標測定までの各段階における
器械および材料の精度特性

各段階では、右側に示した器械または材料の性能特性が利用目的と合致するよう組合わせを選択しなければならない。このような性能を調べた結果を表-3に示した。この表を参照すれば、最も精度を上げることができる組合わせは、 $[A, a] + [C, b] + [F, a]$ であろう。

いずれにしても、各段階における性能特性と十分配慮する必要がある。また多量のデータと処理する

A. カメラレンズの歪曲	a. 近距離写真測量用 1) Wild. & Weiss社製 $D=0.002 \sim 0.004\%$ ($2 \sim 3\mu$)	2) 国産製 $D=0.01 \sim 0.03\%$ ($10 \sim 30\mu$)
	b. 一般用 1) 普及型 $D=0.5 \sim 1.0\%$ ($150 \sim 200\mu$)	2) 特殊型 $D=0.2 \sim 0.3\%$ ($50 \sim 60\mu$)
B. 引伸機	a. 外国製で優秀な性能をもつ引伸機 画面 30° で $D=0.14\%$ (110μ) " 10° で $D=0.05\%$ (40μ)	b. 観測用自動偏歪修正機 (SEF-Y) 画面 30° で $D=0.003\%$ (5μ) " 10° で $D=0.0015\%$ (3μ)
C. フィルムの伸縮	a. 一般用フィルム (フィルム長 $200mm$ 以内) 1) 現像による -0.014% ($20^\circ C, 20分$) 2) 吸湿 " $+0.0025\%$ ($26^\circ C, 75\% RH$) 3) 熱 " $\pm 0.0019\%$ ($11^\circ C \sim 43^\circ C$) 4) 経時 " -0.038% ($50^\circ C, 50日間$)	b. 乾板 $\pm 0\%$
D. フィルムのカーリング	a. 一般用フィルム $\pm 0.04mm$	—
E. 印画紙の伸縮	a. 一般用印画紙 1) 箔子 (光沢) 水中 $+1.04\%$, 乾燥後 -0.43% 2) 中厚手 " $+0.51\%$, " -0.23%	b. アルミ箔印画紙 $\pm 0\%$
F. 坐標測定機	a. コンパレーター (Stecometer) 公称精度 $\pm 3\mu$ 最小読取値 1μ 坐標読定 X, Y, P_x, P_y (自動記録機付)	b. コーディネーター (Coordinator) 公称精度 $\pm 50\mu$ 最小読取値 10μ 坐標読定 $X, Y, 600mm \times 600mm$ 以内

註 1) D は Distortion (拡大または引伸ばさない状態におけるもの)

2) μ で表わした値は拡大または引伸ばさない原版上における値の概略値

ためには自動記録機と付属する坐標測定機を利用するなど必要であろう。

6. くい周辺の砂の変形挙動測定結果

図-1に示した2次元モデル土槽にゆる詰め砂 (間デキ比 0.84) に、貫入試験を行なったときの砂の変形量の分布を図-2に示す。この図に示す変形量は、荷重より載荷段階7番目 ($4.25 t/m^2$) の間の値である。また図-2に基づいて等変形量図を画き図-3に示す。まだ定量的に変形特性を検討するまでには呈つてゐないが、図-2および図-3を概観すれば、定性的には一応納得のいく結果が得られてゐるようには伺われる。現象がいくぶん左右非対象になつてゐるが、くいがいくぶん偏心したこと、砂が背面より流出したことが原因としてゐるようには思われる。

7. あとがき

本報告は、くい周辺の土の変形挙動を定量的に測定する第1段階として、測定法を検討した結果のみであるが、今後本方法を利用して変形挙動の研究を進めていく方針である。

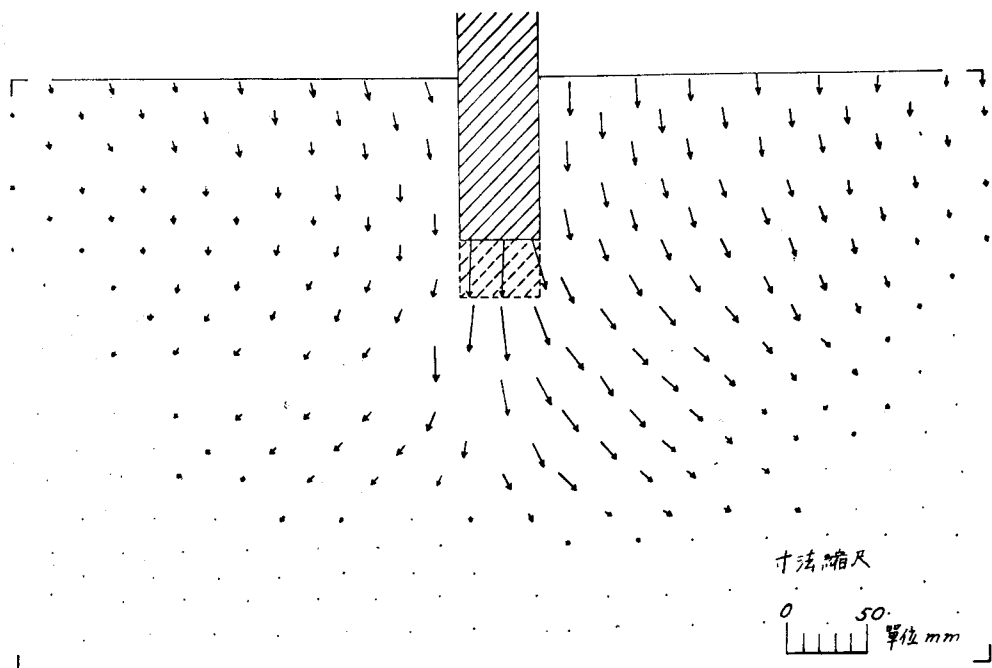


図-2 くい周辺の砂の変形量分布図

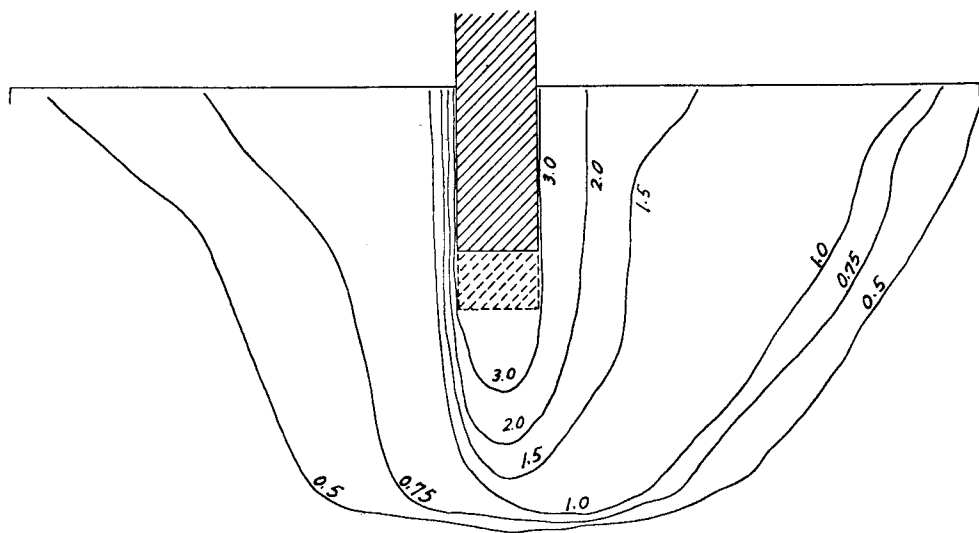


図-3 くい周辺の砂の等変形量図

本研究にあたり、終始ご指導をいただきありがとうございます。最上教授に心から謝意を表します。またこの方面のご研究をさしてあります東洋大赤木助教授に多大のご助言をいただきました。実験および測定は日大大学院生渡辺修君および卒業研究学生に協力してもらっています。併せて謝意を表すまでです。