

3次元孔曲り計測システムの開発

株式会社エーティック ○（正会員）日向 洋一、共 放鳴
同上 高 栄麗、舟田 幸太郎

1. はじめに

ボーリング孔の先端位置と線形や鋼管の曲りなどの3次元計測には、ジャイロセンサや地磁気センサを応用したものが用いられている。ジャイロは海外製品が多く、製品価格が高価で取扱いが難しく、特に土木現場に向かない。また、地磁気センサは計測精度が低く、磁性体（鉄成分）が存在する場合には使用不可能であり、使用条件が限られている。そこで、筆者らは、孔曲り計測センサの低価格化、計測精度と施工性の向上を目的とし、加速度と回転角度センサ、3次元解析技術を応用して、計測システムの開発を行った。本報告では、システム概要、実証試験結果について報告する。

2. システム概要

2. 1 3次元孔曲りセンサ

3次元孔曲りセンサは、直径75mm、長さ2.0mの棒状（写真-1）であり、ボーリング孔内へ口元からロッドで先端まで押し込み、引抜きながら孔内線形を計測する。孔曲りセンサの計測原理は、図-1に示すように、ピッチ角 θ_1 とロール角 α は、加速度センサを用いて傾斜角を検出し、ヨー角 θ_2 は回転角度計で検出する。これらの3つの角度から後方の固定点を基準に先端点の位置を計算し、1.5mごとに作業を繰り返し、ボーリング孔の先端位置と線形を3次元的に計測・解析する。

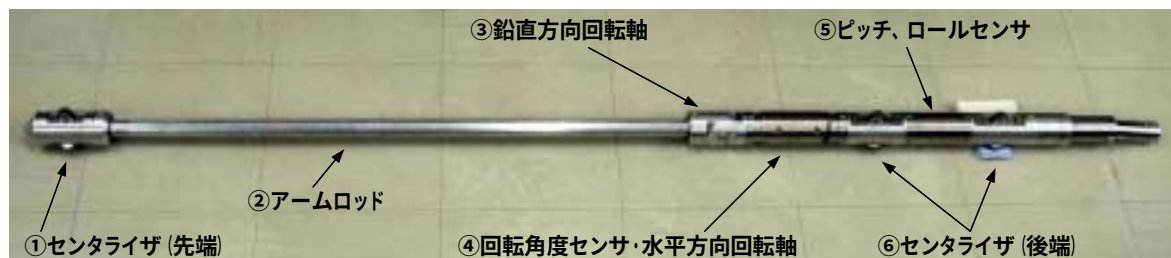


写真-1 3次元孔曲りセンサ

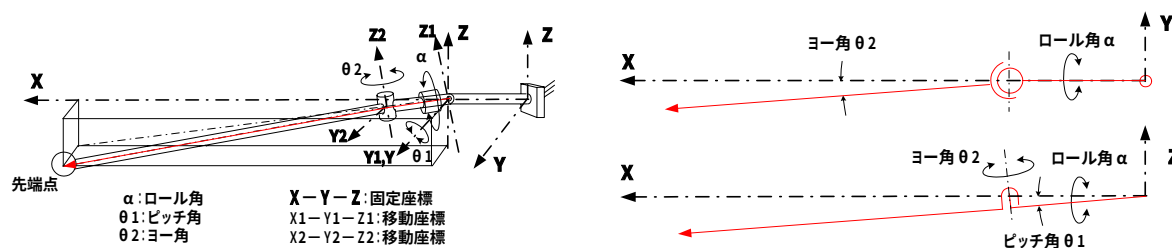


図-1 計測原理図

2. 3 解析方法

図-2に示すのは水平面内の計測・解析原理である。固定腕 L_1 、回転腕長 L_2 、及びヨー角 θ_i より α_i を求める。先端計測点の座標 (X_i, Y_i) は式（1）と式（2）で求める。

$$X_i = X_{i-1} + h_i = X_{i-1} + L_{3i} \cdot \sin \Sigma \alpha_i \quad (1)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + w_i = Y_{i-1} + L_{3i} \cdot \cos \Sigma \alpha_i \quad (2)$$

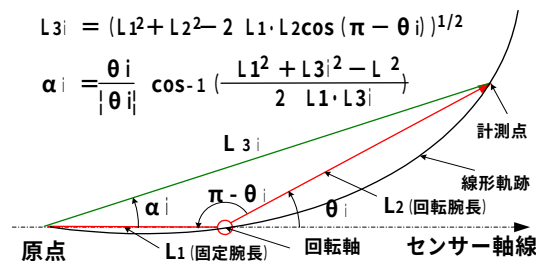


図-2 解析原理図

※キーワード 3次元計測、孔曲り、ボーリング孔、線形計測、パイプ線形

†連絡先 〒063-0801 札幌市西区二十四軒1条5丁目6番1号(株)エーティック TEL011-644-2876 FAX011-644-7754

ただし、 X_{i-1} と Y_{i-1} は原点の座標、 X_i と Y_i は計測点座標であり、 h_i と w_i は原点と計測点連結線 L_{3i} が X 軸と Y 軸の射影である。

3. 実証試験

地中に削孔された線形を想定し、塩ビパイプ（φ77mm）を使用して模擬孔内線形を作成する。挿入用ロッドを用いて孔曲りセンサを先端まで押し込んだ後、1.5m のピッチで管口元まで引抜きながら計測を行った。

計測データは、予め3次元トータルステーション（TS）で計測したデータと比較し検証を行った。以下に検証結果の1例を示す（図-3）。

(1) 水平方向（Y方向）

- ・緩カーブ：最大誤差は8mm、計測データのバラツキ幅は5mm。
- ・急カーブ：最大誤差は35mm、計測データのバラツキ幅は9mm。

(2) 鉛直方向（Z方向）

- ・下り勾配：最大誤差は27mm、計測データのバラツキ幅は1mm。
- ・上り勾配：最大誤差は11mm、計測データのバラツキ幅は1mm。

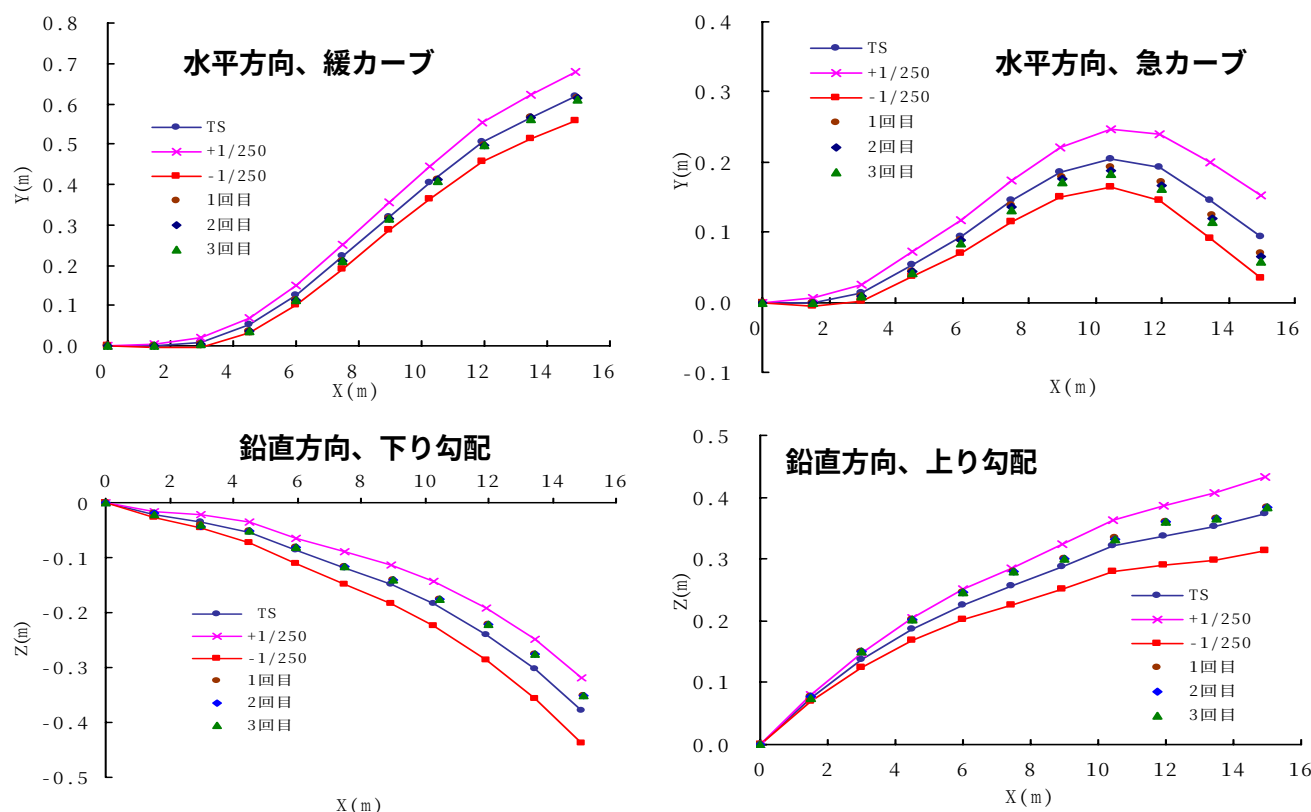


図-3 実証試験結果

4. おわりに

実証試験結果より以下の成果が得られた。

- (1) 水平方向最大計測誤差とバラツキは、計測距離に対してそれぞれ約1/500と1/1,000以内であった。
 - (2) 鉛直方向最大計測誤差とバラツキは、計測距離に対してそれぞれ1/500と1/10,000以内であった。
- 上述の結果より3次元孔曲り計測システムの精度と再現性は高いことが実証され、現場に適用できると考えられる。

最後に、本技術の開発にあたり、関係各位の皆様に多大なるご指導、ご協力を得たことを感謝申し上げる次第である。