

建屋新設工事 埋込金物据付工事のうち 計測作業効率化検討

In the construction work of a nuclear power plant,
the efficiency of measurement of the metal plate to embed is increased.

三菱重工業(株)	廣芳 啓明	Takaaki HIROYOSHI	Member
三菱重工業(株)	熊川 素史	Motofumi KUMAGAWA	Non-Member
三菱重工業(株)	秦野 啓司	Keiji HATANO	Non-Member

Abstract

For the purpose of reduction in onsite workload in nuclear power plants, our current issue is that metal plate embedding and the related measurement consume a huge amount of man days and processes due. For the purpose of improving efficiency, skipping reference marking by applying Mixed Reality device and using 3D photographic measurement for the inspection have been considered. We aim to start the practical use of photographic measurement in new plant constructions.

Keywords: metal plate, 3D photographic measurement, Mixed Reality, onsite workload

1. はじめに

原子力発電所建設工事に於いて、建屋コンクリート躯体と配管やダクト等の設備を支持（サポート）するためのサポート鋼材との接続の為に、アンカー付きの埋込金物が埋設されることが一般的である。



図1 埋込金物据付状況

この埋込金物の据付作業は①位置決め、②固定、③位置検査の作業に大別される。その中でも①位置決めについては計測器を使用し、建屋基準芯から墨出し等の位置計測による位置決めを行う。更に③位置検査においても計測器を使用した同様の作業が必要である。以上より、現状の課題として建設工事に於いて埋込金物の計測作業に長時間を要することが分かった。

課題に対する打ち手として、従来人力による計測を実施していたが、三次元投影・三次元計測等の光学的ツールを用いた計測ステップの省略・省力化可能な改善策についての検討結果を紹介する。

連絡先: 廣芳 啓明、〒652-8585
神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号
三菱重工業(株) パワードメイン 原子力事業部
建設・保全技術部 建設工事計画課
E-mail: takaaki_hiroyoshi@mhi.co.jp

2. 課題に対する改善策

まず、市販されている光学的ツールについて、以下の観点から検討対象を選定する。

(1) 運用性

装置のサイズ・重量と安全性の面から、建設工事現場での運用性を考えて問題の無いことを確認した。

(2) 精度（装置能力）

装置スペックとして十分な精度を有すること。カタログ値が無い場合は、検証試験により能力を確認した。

(3) 校正証明

位置検査に使用する測定器には校正証明書の発行が可能であること。

(4) コスト

工程短縮・省力化による効果がイニシャルコスト＋ランニングコストを上回ること。

2.1 検討対象の選定

検討の結果、三次元投影と三次元計測の中から、以下の3手法を選定した。

- ・MR 装置*（三次元投影） *MR : Mixed Reality
- ・レーザープロジェクタ（三次元投影）
- ・フォト計測（三次元計測）

表1 検討対象の選定

分類	三次元投影			三次元計測	
	MR装置	レーザープロジェクタ	プロジェクションマッピング	フォト計測	レーザー計測
方式	◎	○	×	○	◎
コスト	◎	○	×	○	◎
ハンドリング	◎	△	△	◎	◎
精度	—	◎	—	◎	◎
校正	不可	不可	不可	可	不可

◎：優、○：良、△：並、×：劣、—：要検証

3. 検証試験

3.1 検証試験概要

選定した3手法について、模擬検証試験体による検証と実物による現地検証を行った。検証試験で模擬した作業項目は以下の通り。

(1) 位置決め

建屋基準芯を基準として、埋込金物の据付位置を決定する作業。位置決めに必要な時間及び運用性について、従来手法との比較を行った。

対象：MR装置、レーザープロジェクタ

(2) 位置検査

(1)により設定した埋込金物の位置を確認し、光学的ツールによる位置決め精度確認及び、光学的ツールによる計測と従来手法による計測とを比較し、計測精度の確認。

対象：フォト計測



図2 模擬検証試験体

3.2 評価項目

(1) 時間

位置決め及び検査に掛かる時間を従来手法と比較を行った。

(2) 装置能力

装置能力として、建屋基準芯を中心として、許容値内で埋込金物の据付が可能な距離の限度を確認した。装置能力は、標準的な原子力施設内部屋内寸法として

8mを想定し、余裕を見て10m以上の据付能力があれば、採用可能と判断する。

(3) 運用性

屋外での日照下や暗所での視認性及びハンドリング性として、建設現場での設置・起動・操作に支障が無いことを評価対象とした。また、装置スペックとして、低温・高温環境下での動作確認や防水・防塵性等についても支障が無いことを確認した。

3.3 検証試験結果

検証試験により採用可能な手法の組み合わせを検討した。

(1) MR装置

MR装置は「MR①：ウェアラブル端末（ヘッドギアタイプ）」「MR②：タブレット端末」の2ケースについて検証を実施した。時間・運用性については優位な差は認められなかったものの、装置能力については②タブレット端末が大きく劣る結果となった。①ウェアラブル端末については、空間認識の為にジャイロセンサ及び5台のカメラが搭載されており、ズレの補正能力に優れていた為と考えられる。



図3 MR①ウェアラブル端末

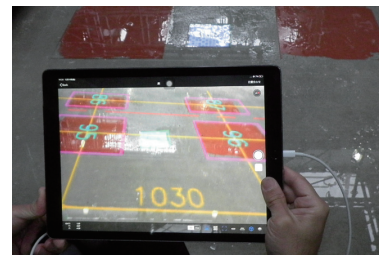


図4 MR②タブレット端末

(2) レーザープロジェクタ

装置の能力はMR装置に勝るが、レーザーを用いる為、日照下の視認性が悪く、また、装置が重く(50kg)ハンドリング性が悪い為、運用性は大きく劣る結果となった。ハンドリング性が悪いことに起因し、作業時間も従来手法と優位な差は確認できなかった。



図5 レーザープロジェクタ

(3) フォト計測

作業時間は従来手法の 1/4 程度に減少可能であり、帳票の自動出力も問題なく実施することができた。運用面や装置能力も問題なく、採用可能と判断する。



図6 フォト計測

表2 検証試験結果

	時間	能力	運用性	総合評価
MR①+フォト	◎ 70分	◎ 10m以上	◎	◎
MR②+フォト	◎ 70分	× 1m以内	○	×
RP+フォト	○ 100分	◎ 10m以上	×	×
従来	— 190分	—	—	—

表2より、MR装置（ウェアラブル端末）とフォト計測との組合せを最適手法と判断し、今後の実運用を目指すこととした。

4. 結言

本検討では、光学的ツールを使用することで、従来手法に対して埋込金物の位置決め及び位置検査の作業について約60%時間短縮可能との見込みを得た。また、計測作業を少人数で専門知識・技量を必要とせず実施可能となり、現地作業量の合理化にも期待できる。

今後は試運用の中で従来手法と併用しながら、要領・運用方法の具体化を進め、2021年度から現地工事での実運用を目指す。さらに運用の中で課題を抽出し、継続的な改善を行う予定である。