

埋蔵文化財包蔵地における先端建設技術の活用 ～情報化施工を使った文化財保護～

藤野健一* 石松 豊**

1. はじめに

建設事業はいわゆる「開発」として土地の改変を伴う。その一方で、埋蔵文化財は先人たちの歩みを示すものとして後世に伝えるべき重要なものであり、文化庁に適切な現状変更方法（施工方法等）を提示し、その手続きを行うことが必要となる。また、観光等の地域振興の柱となり得るものが多く、いわゆる「保存」と「開発」・「活用」の両立が求められている。

本稿では特別史跡平城宮跡の第1次大極殿正殿前広場の施工において、埋蔵文化財の保護を目的として、情報化施工を活用した事例について報告するものである。

2. 埋蔵文化財保護を目的とした情報化施工

2.1 工事の概要

平城宮跡は世界遺産に登録されている特別史跡で、これまでも日本の歴史を書き換える数々の発掘成果を上げている埋蔵文化財包蔵地である。

今回の工事はこのうち特に重要な第1次大極殿院地区の広場整備を行うもので、その概要は次の通りである。図-2に示す張芝・広場およびその付属物（排水施設等）が施工対象である。

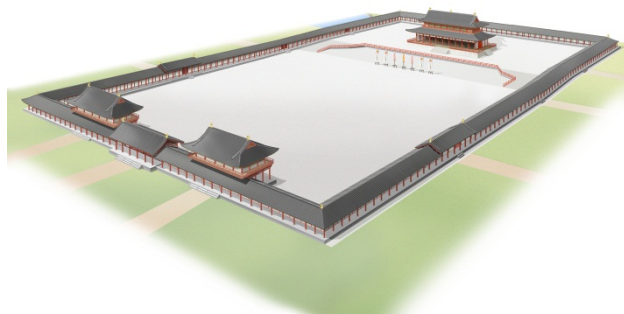


図-1 第1次大極殿院完成イメージ図

工事名：平城宮跡第1次大極殿院広場整備工事

・敷地造成工	掘削	16,830m ³
	路体盛土	12,100m ³
	軽量盛土	2,039m ³
・植栽工	張芝工	13,950m ²
	雨水排水設備工	U型側溝 1,944m
・雨水排水設備工	雨水柵	53基
	管渠工	470m
	舗装工	天然砂利舗装 27,400m ²
	自然色舗装	4,020m ²

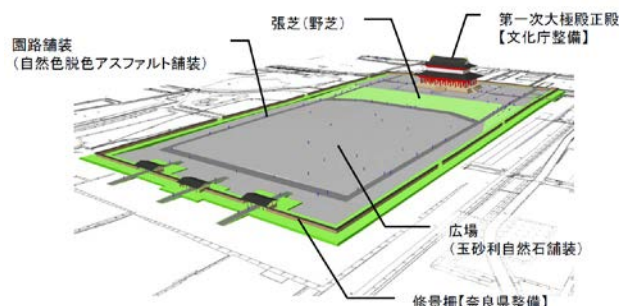


図-2 広場施工概要図

2.2 施工の準備

埋蔵文化財への施工の影響を最小限にするためには、埋蔵文化財の遺構面を把握する必要がある。このため、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所（以下、「奈文研」という。）が実施した平城宮跡の発掘調査に基づき、発掘調査後の遺構面を整理（着色部）した（図-3）。赤線部が第1次大極殿院の回廊位置である。このデータから奈良時代の遺構面は現地盤から約-0.2～-2.4mの位置にあることがわかった。

また、現在第1次大極殿院地区は東側半分のエリアが発掘されているが、西側半分のエリアについては後世にそのまま残すことが予定されており、明確な遺構面が把握できない。これについては、



図-3 遺構面整理状況

有識者からの指導により、西側エリアについては、東側エリアと中心軸において対象であることを前提として設計・施工を行った。

2.3 情報化施工の目的

今回の施工では、埋蔵文化財に影響を与えずに、広場整備工事を行うことが必須要件である。

このため、以下の項目への対応が必要となった。

- ① 広場の造成において、遺構面から確実な隔離を持った施工を行う。
- ② 広場の掘削作業（側溝・柵の施工）において、地下遺構を損傷しない。
- ③ 広場内での締固めにおいて、過度な荷重をかけない。もしくは過度な締固めを行わない。

今回はこれらの達成を目的として、建設機械と施工法の選定にあたり、情報化施工を導入することとした。

2.4 施工機械と施工法の選定

今回の施工においては、遺構の保護を目的として、遺構面から地表まで 50cm の被覆土（現状での最小厚）を確保することとし、それを前提として遺構に対する荷重等の負荷を考慮した上で使用する運搬車両／建設機械の選定を行った。

特筆すべき事項としては、

- ・ 運搬機械が地盤に影響しないよう、原則として 4t ダンプを使用した。
- ・ 深層部まで影響しないように振動ローラの使用は行わなかった。また、ロードローラで 12t 級、タイヤローラで 20t 級に制限した。
- ・ 損傷リスクの低減に情報化施工を活用した。

表-1 に情報化施工適用工種と使用した機材を示す。

表-1 情報化施工使用機材と使用目的

工 種	施工機械とシステム	使用目的
敷地造成工 掘削工	ブルドーザー 3D-MC, mm-GPS	①
敷地造成工 路体盛土工	ブルドーザー・モーターグレーダー 3D-MC, mm-GPS タイヤローラ GPS 締固め管理システム	① ③
雨水排水設備工 作業土工	バックホウ 3D-MG, mm-GPS	②
園路広場整備工 アスファルト系舗装工（路盤工）	ブルドーザー・モーターグレーダー 3D-MC, mm-GPS タイヤローラ GPS 締固め管理システム	① ③

※使用目的は 2.3 に掲げる箇条書き部を指す。

さらに、軟弱地盤（腐植土層）が認められたため、その区域については軽量盛土（EPS 工法）を使用し、負荷の低減に努めた。

2.5 情報化施工の実施と効果

(1) 全体構成

平城宮跡第 1 次大極殿院広場整備工事において使用した情報化施工の全体構成を写真-1 に示す。



写真-1 情報化施工の全体構成

(2) 3次元マシンコントロールシステム

出来形の品質確保のために、3次元マシンコントロールシステムと mm-GPS を使用し、ブルドーザーおよびグレーダーの施工で活用した。施工状況を写真-2 に、ディスプレイ表示を写真-3 に示す。ディスプレイ上のワイヤーフレームは広

場平面設計の TIN (Triangulated irregular network) データである。TIN データは 3 次元のポイントデータを三角形の格子状に結合したデータ群で、3 次元計測の表示に利用される。



写真-2 3D-MC ブルドーザーによる造成



写真-3 3D-MC コントローラ画面

(3) 3次元マシンガイダンスシステム

本工事では排水溝の施工において通常の施工面よりも深く掘削する必要があることから、遺構面保護を行うためにバックホウのバケットと遺構面の関係を常に把握するために 3 次元マシンガイダンスシステムを導入した。

写真-4 に施工状況を、写真-5 にコントローラ画面を示す。施工においては、事前に排水溝の施工図を元に、掘削箇所の遺構面を 3D-MG 用の電子データ (TIN データ) 化し、オペレータがリアルタイムで掘削深さを確認できるようにした。深さ方向の表示はバケット先端と遺構面との距離を示している。



写真-4 3D-MG バックホウによる掘削



写真-5 3D-MG コントローラ画面

なお、今回の施工においては、システムの制約上、排水溝の設計掘削深さの表示はできなかった。

(4) GPS転圧締固め管理システム

GPS転圧締固め管理システムは過度な締固めによる地下遺構への影響防止と造成工事の効率化を目的として導入したものである。

このシステムでは、写真-7に示す転圧状況をリアルタイムでオペレータが確認することができるため、転圧回数不足等を避けることができた。



写真-6 タイヤローラによる施工



写真-7 転圧締め管理システム表示画面

(5) まとめ

今回の効果は以下の通りである。

- ① 小規模な造成工事ではあるものの、効率的な施工が実施できた。
- ② 地表面に丁張りを打つ必要がないため、文化庁への現状変更手続きが不要となり、事務的な手間を大幅に軽減することができた。
- ③ 広場での排水勾配の造成が効率的に良好な仕上がり精度で実施できた。

逆に、デメリットは以下の通りである。

- ① mm-GPS の適用範囲から外れると垂直方向の精度が失われるため、回転レーザーの移動が必要になった。
- ② 盗難防止のために GPS 基地局や建設機械に搭載したコントローラを毎日着脱し、保管する手間がかかった。
- ③ 情報化施工機器のコストが建設機械の価格と同等かそれ以上のコストとなった。

平城宮跡第1次大極殿院広場整備工事の事例は文化財保護と活用を両立させるときに、情報化施工による品質管理手法が効果的であることを示している。この他、常に施工状況が正確に把握できるため、手戻り作業の軽減などの効果をもたらしている。机上の計算ではあるが、路体盛土工および舗装工においては11日の工期短縮効果があった。

その反面、情報化施工の実施に当たっては通常作業ベースで約20%コストが割高になった。しかしながら、上記のような文化財保護のための社会的責任とリスクを考慮したとき、このコストは許容されると考えられる。

3. おわりに

埋蔵文化財が包蔵されている地域において、先端的な建設技術、ここでは情報化施工を活用することにより、埋蔵文化財の保護について安全度の高い施工が可能となることが示された。

社会資本整備と埋蔵文化財保護の両立は長きにわたって、日本の行政史にとっての課題であった。先端的な建設技術の活用が全国的な埋蔵文化財保護と社会資本整備の両立に資することを期待している。

謝 辞

本論文の執筆及びプロジェクトの推進にあたっては近畿地方整備局国営飛鳥歴史公園事務所に多大なご指導とご協力をいただきました。厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 埋蔵文化財包蔵地における先端建設技術の活用について～情報化施工と3Dデータを使った文化財保護と活用～、建設機械と施工法シンポジウム、JCMA、2011
- 2) A study of the construction methods for the preservation of important underground remains, ISARC2012, pp.381 ~ 386, Kenichi FUJINO, June 29 – July 2, 2011.

藤野健一*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所技術推
進本部先端技術チーム
主席研究員
Kenichi FUJINO

石松 豊**



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所技術推
進本部先端技術チーム
主任研究員
Yutaka ISHIMATSU