

34 品質管理

高精度3次元測定器を活用した 出来形計測のメインオフィスからの技術支援

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社 IHI インフラシステム

現場代理人 監理技術者

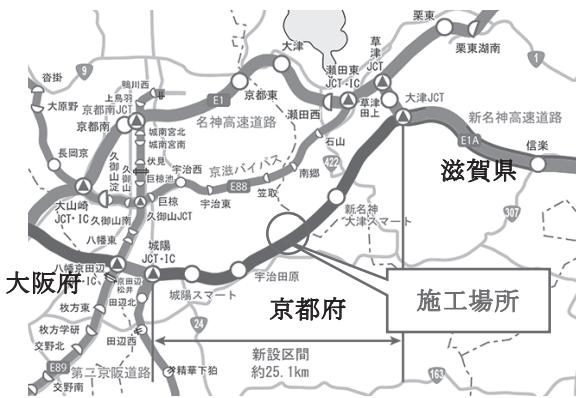
田 中 啓 介 ○ 島 元 保 道

1. はじめに

新名神高速道路は名古屋市から神戸市に至る延長174kmの高速道路であり、このうち本事業は大津JCT～城陽JCT間の新規建設を行うものである。

本事業により、既に開通済みの亀山JCT～大津JCT間および城陽JCT～八幡京田辺JCT間と接続し、さらに京奈和自動車道と接続することで、高速道路ネットワークの機能強化や災害・事故時の名神高速道路等と相互代替機能の発揮が見込める。

本工事は、新名神高速道路の京都府と滋賀県の県境付近に位置し、片側3車線の鋼橋上部工2橋（上り線、下り線）を建設する新設工事である。



出典：西日本高速道路（株）HP<<https://corp.w-nexco.co.jp/>>

図-1 施工位置図

工事概要

- 工事名：新名神高速道路 宇治田原第一高架橋（鋼上部工）工事
- 発注者：西日本高速道路株式会社関西支社

(3) 工事場所：京都府綴喜郡宇治田原町禪定寺

(4) 工期：（自）2020年9月9日
（至）2024年4月9日

(5) 構造諸元

上り線：鋼6径間連続鋼床版箱桁橋

（橋長）275.5m（鋼重）1993.5t

下り線：鋼5径間連続鋼床版箱桁橋

（橋長）294.5m（鋼重）2230.0t

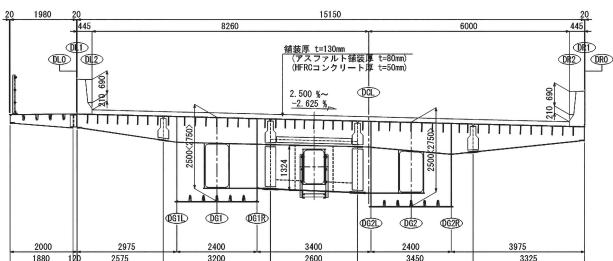


図-2 上部工断面図（下り線）

2. 現場における課題・問題点

本橋の特徴として、近接する宇治田原トンネルの施設物添架のため、壁高欄の外側に「張り出し鋼床版（幅20m）」を設置する構造となっている（図-3）。



図-3 橋梁区間の張出し鋼床版

施工済みの橋台側面部にも同様の「張り出し鋼床版」を設置しなければならず、以下の点から施工中の不具合が発生すると考えられた。

問題1. 張り出し鋼床版の構造が、「歩廊部と
ブラケットが一体」となった構造

問題2. 橋台軸体側に「打ち込み式アンカーボ
ルト」を予め設置しなければならない

【問題1について】

橋台軸体付きの張り出し鋼床版は、図-4・5に示すとおり、歩廊1基あたり、5台のブラケットが溶接構造で接合されている。また、ブラケット1台あたり、10本のアンカーボルトを必要とする。よって、張り出し鋼床版を設置するためには、50本のアンカーボルトが工場製作のものと同位置になければならない。

【問題2について】

打ち込み式アンカーボルトはM16を採用しているため、軸体コンクリートの削孔深さは72mmとなる。これに対し、軸体側の鉄筋純かぶりは70mmのため、鉄筋探査機を用いて削孔位置を選定しなければならない（図-6）。また、橋台軸体施工時のPコン穴埋め箇所がアンカーボルト位置と重なった場合も打ち込み式アンカーボルトを設置することはできない。よって、製作図に図示されているアンカーボルト位置と同一の箇所への設置は不可能であるため、現地での計測結果を工場製作に確実に反映させなければならない。

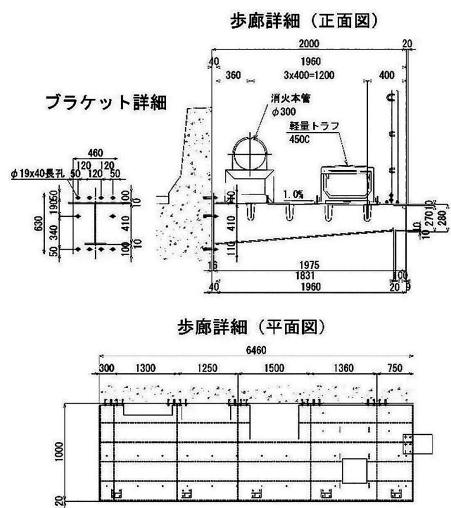


図-4 橋台軸体付き張り出し鋼床版 詳細図



図-5 橋台軸体付き張り出し鋼床版



図-6 橋台軸体削孔状況

3. 従来の対応策

通常、アンカーボルトの計測結果を設計および工場製作に反映する際は、「現地で確定したアンカーボルト位置をフィルムに転写」し、これをフィードバックしている。しかし、この場合はアンカーボルトが垂直に設置されていることが大前提であるため、打ち込んだアンカーボルト自体が傾いている場合は、アンカーボルト先端位置を工場製作に反映することはできない。また、本橋のように延長6.5mと長いフィルムの場合は、フィルムのよれや歪みにより正確に計測できない場合がある（図-7）。その他にも、フィルムの表裏の取り扱い間違いや基準点の設定間違いなど、ヒューマンエラーが発生する可能性が高いだけでなく、計測対象物に精通した者が図面反映等を行う必要があり、現地技術者の作業量の増加や計測者個人の力量にゆだねられてしまう点も問題である。



図-7 フィルム設置状況

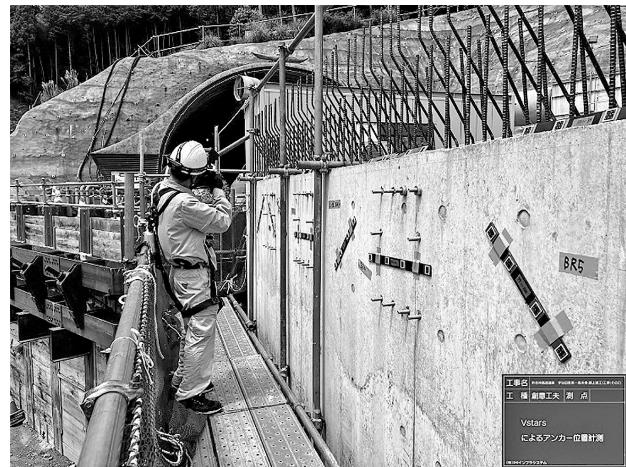


図-8 工業計測用高性能カメラによる計測状況

4. 対応策・工夫・改善点と適用結果

本工事では、従来の手計測およびフィルム転写ではなく、「3次元フォトグラメトリシステム(V-STARS)」による位置計測を採用した。なお、同システムを採用するにあたり、現場特性から適した技術の選定を行った。

【現場特性】

- ・対象物と測定箇所が近距離であること
- ・対象物がアンカーボルトであること
- ・計測作業が足場上で振動があること

【類似技術】

- ・3Dレーザースキャナーは、固定式のため足場上での据付けが困難である。
- ・ハンディ型3Dスキャナーは、計測結果を速やかに出力することができない。

※この工事では当日のデータ出力が必要であった。

採用した技術は、コンパクトな工業計測用の高性能カメラを使用するもので、移動時の安全性を確保しつつカメラに精通していない作業者でも容易に撮影することができ、撮影した画像データから計測点の3次元化が可能である(図-8)。

さらに、撮影後に現地のノートパソコンを使用してシステム処理が可能なため、計測結果をその場で速やかに確認することができる点もメリットといえる。

計測点においてシステムが自動認識するシールターゲットの設置が必要となるが、アンカーボルトの径に応じた治具を使用することで、個々のボルトに墨書きを行わずに計測ターゲットをアンカーボルトの中心に高精度で設置することができる。また、張り出し鋼床版の上面となる点を躯体コンクリートに追加することで、アンカーボルトと同一の座標系で計測を行うことが可能である。本システムの特徴である2次元バーコード型のコードターゲットは、特定の規則に従わずに計測範囲内に配置することができ、撮影位置と画像を自動でつなぎ合わせるため、広範囲の計測にも対応可能である。さらに、部材位置番号や図面上の記号を同時に撮影することで、施工記録としても活用することができる(図-9)。

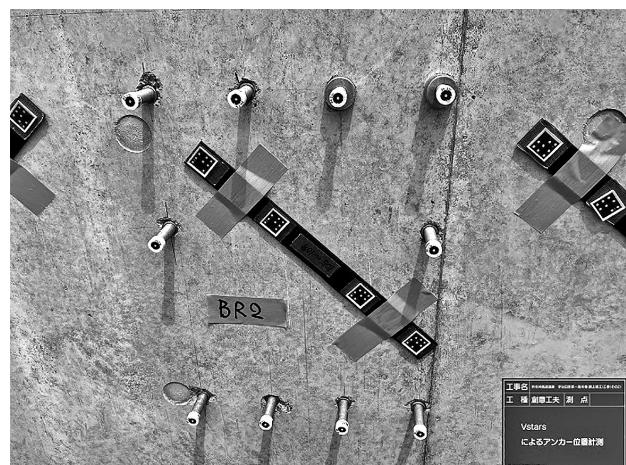


図-9 コードターゲット設置状況

計測データの出力は、撮影した画像をソフトウェアに取り込んだ後、解析が約10分で終了し、計測点を任意の点を原点とした座標で出力することが可能である。（-表-）

また、ソフトウェア内の3Dグラフィックビュー（図-10）を用いることで、測点名や測定位置を確認することができるため、撮影者や現地技術者でなくとも容易に計測点の漏れや撮影不足を判別することができる。

-表- 計測値の3次元座標値

	X	Y	Z
K0	0	0	0
K1	-2548.9	691.9	0
K2	1498.9	691.9	0
K3	0	690.7	2.4
BR1T1	-2729.4	598.5	55.6
BR1T2	-2607.1	595	55.9
BR1T3	-2479	596.2	53.5
BR1T4	-2348.8	596	53.2
BR1T5	-2683.2	404.1	57.2
BR1T6	-2349.2	402.6	52.3
BR1T7	-2730.7	95.1	54.2
BR1T8	-2584	95	50.6
BR1T9	-2491.4	92.6	52.5
BR1T10	-2369.8	93.3	52.4

	X	Y	Z
BR2T1	-1437.9	592.9	54.4
BR2T2	-1307.9	593.7	56.2
BR2T3	-1189.3	592.8	53.3
BR2T4	-1068.5	593.9	55.7
BR2T5	-1437.6	403.4	54.6
BR2T6	-1069.5	402.6	55.6
BR2T7	-1428	94.6	51.6
BR2T8	-1309.8	95.5	52.3
BR2T9	-1189.9	96.2	54.9
BR2T10	-1071.2	94.7	55.3
BR3T1	-181.9	592.7	56.4
BR3T2	-59.1	593.3	56.7
BR3T3	59.1	591.3	56.4
BR3T4	181	594.5	56.3

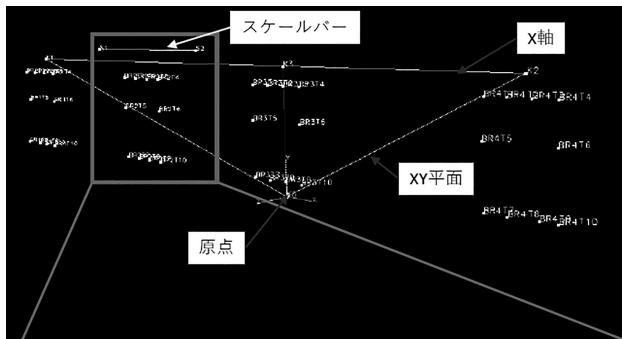


図-10 V-STARS上での3Dグラフィック

本工事においては、「3次元フォトグラメトリシステム」を用いた現地計測および計測結果のデジタルデータ出力により、設計図面および工場製作の一元データ管理を実現させた。このシステムの導入により、リードタイムの短縮およびヒューマンエラーの防止に顕著な効果が見られた。具体的には、現地での計測データを迅速かつ正確にデジタル化し、設計図面と連携させることで、工場での製作プロセスが効率化された。また、張り出し鋼床版設置時には50本全てのアンカーボルトが工場で製作した製品のボルト孔と完全に一致し、

干渉なく設置することができた。これにより、製品設置時での調整作業や製品自体の再製作が不要となり、施工の効率化と品質の向上が達成された（図-11）。



図-11 張り出し鋼床版施工完了

5. おわりに

本工事で採用した施工箇所は支障物が少なく、またほぼ同一平面の箇所であったため、撮影枚数が80枚程度と比較的少なかったと考えられる。支障物が多い箇所や最適な撮影距離（1.5m～5.0m程度）が確保できない箇所では、撮影枚数が増加し、コードターゲットの設置枚数が多くなることで、撮影データのつなぎ合せ時に誤差が発生する可能性が高くなる。したがって、システムを採用する場合は、既設構造物や足場等の構造を事前に十分に検討する必要がある。

昨今の建設業界における担い手不足に伴い、現地技術者の不足が深刻な問題となっている。本工事で記述したような高精度3次元計測技術に限らず、今後ますます発展するDX技術やICT技術を導入することで、現地技術者の過度な投入を減らすことができるだけでなく、メインオフィスとの協同による技術支援の拡充、不具合発生の減少、作業工数の削減が期待できる。今後も積極的に先端技術を導入し、作業の効率化および建設現場の安全性の向上に努めていきたい。