

道路事業における測量・設計段階からの CIM 標準化に向けて—神戸西バイパス事業の事例—

西日本高速道路㈱ 正会員 ○日浅 崇平, 非会員 奥山 大輝, 非会員 河本 浩昭

1. はじめに

神戸西バイパスは、1998年に第二神明道路北線として開通した5.6kmと、現在事業中の6.9kmの一般部（直轄道路）および専用部（有料道路）で構成される路線である。本事業（神戸西バイパス事業）では、道路全線にわたって測量・設計段階からCIMを導入することで、本事業が今後の道路事業における生産性向上のモデルケースとなることを目指してきた。本報文は、これまでの取り組みや効果、課題等について取り纏め、今後の道路事業におけるCIM導入の標準化に向けた提言とすべく、現時点で得られた知見について述べるものである。

2. 三次元レーザ測量について

道路事業では従来、事業進捗に応じて空中写真測量、路線測量、詳細測量等の各種測量を実施してきた。三次元レーザ測量によってそれらの代替となるのは路線測量と考える。三次元レーザ測量の種類としては、航空またはドローンレーザ測量、車載写真レーザ測量（MMS）、地上レーザ測量等がある。道路事業で適用する場合は、長距離で線的に事業範囲が延びる特性上、効率的に計測が可能な空からの測量が最適であり、事業延長を考慮すると航空レーザ測量が最適となる場合が大半であると考えられる。ただし、航空レーザ測量では計測できない橋梁の下側や用排水溝等まで計測する場合は、MMSや地上レーザ測量を計測地点の条件によって使い分ける必要がある。また、レーザ測量で取得した点群データのみでは地物等の把握が困難であることから、その補完の意味でも空中写真測量や詳細測量を同時に実施することが望ましいと考えられる。これは点群データから地形TIN（不規則三角形網）モデルを作成した場合、地表面の起伏のみが再現されるだけであるためである。本事業においては、高速道路跨道橋の側面・下面については本線上からのMMS、また永井谷JCTの既設橋梁については地上レーザ測量を実施しただけでなく、全線にわたっての空中写真測量及び橋梁区間における詳細測量を実施した。

地図情報レベルに関しては、通常の道路設計で用いられる地図情報レベル1000を下限値として、計測範囲や求める詳細度に応じて詳細度を設定する必要があると考える。詳細度については、地図情報レベルが細ければ細かいほど精度が高くなる一方、測量にかかるコスト等も増加するだけでなく、地形TINモデル作成時のデータサイズが大きくなり、道路・橋梁の三次元設計へデータを引き継いだ際に設計ソフトを使用することが困難になるという課題もある。本事業では計画路線上で交差する2カ所の高圧送電線も計測できるよう、「作業規定の準則」における航空レーザ測量に関する規定上最も詳細なレベル500の精度（0.5m格子間隔で1点以上の計測）で計測する仕様とした。取得した点群密度に応じた詳細度である40cm間隔の点群データを用いてTINモデルを作成した結果、全長約8kmの地形データサイズが約2.7GBと、現時点の高性能PCスペックでも設計には活用できない（重すぎて開けない）ことが分かった。そこで、100cmの点間隔（地図情報レベル1000相当）に間引いた地形モデルを作成したところ、約0.5GBと道路設計でも活用できるサイズとなった。この事例のように、計測後でも点間隔を間引くことが可能であることを考えると、航空レーザ測量の実施に際しては、極力詳細なレベルで実施し、実施する設計の詳細度やデータサイズに応じて点間隔を調整するのが適切と考える。

三次元レーザ測量の効果としては、線的な測量（路線測量）では設計時に中心線形の見直しによる再測量等手戻りの可能性があるが、面的な測量（レーザ測量）であれば再計測が不要となることである。本事業においても、当初計画から平面線形の変更があったものの、三次元測量によって作成した三次元地形モデルを用いることで、追加測量を実施することなく道路縦・横断面図の作成が可能であった。また、当初の図化範囲（計画路線の中心線から300mの幅）外に工事用道路を計画する必要性が生じたが、当該箇所が計測範囲内であったことから再測量することなく三次元地形モデル、工事用道路設計に用いる現地形の縦・横断面図の作成ができた。コスト面に関しても、従来の路線測量と航空レーザ測量で縦・横断面図を作成する場合の概算比較をしたところ、三次元測量は従来の4分の1以下の

キーワード CIM, 三次元レーザ測量, 三次元道路設計, 生産性向上, 神戸西バイパス, i-Construction
連絡先 〒655-0852 神戸市垂水区名谷町字前田953 第二神明道路事務所 西神工事区 TEL 078-708-8392

コストで実施できたことが確認できた。コストだけでなく、再測量不要や現地作業日数の少なさ(1~2日程度)等、手間や安全面のメリット等を考慮すると、測量における CIM 導入効果は大きかったと考えられる。

3. 三次元設計の進め方と効果

本事業では、最初に地形 TIN モデルと概略設計で決定した平面・縦断線形を設計ソフトの Infracore 上に取込み、橋梁部についてはソフト上のコンポーネントを用いて仮の橋梁モデルを作成することで、全線にわたっての概略三次元モデルを作成した(図1)。従来は平面・縦断・横断図から完成イメージを想像するしかなかったものが、三次元化することによって設計初期段階から簡易的に全線の完成形イメージを受発注者間で容易に共有が可能となった。そのため、受発注者間における道路構造等の議論を深めたり認識の齟齬を防ぐことで、後工程での手戻り等の可能性を減らす効果が大きかったと考える。実際に石ヶ谷 JCT については断層の存在や施工性等を考慮した際に、土工から橋梁へと構造変更をした方が安全面や工期、コスト面でも有利と考え、概略の三次元モデル(図1)等を用いて線形や施工性、概算工事費の比較検討を実施し、橋梁へと構造変更を実施した。

その他にも、任意の地点で任意の方向に横断図を作成できるのでチェックが容易になるとともに、取付・付替道路等の検討も容易となった。特に幅杭設計を行う際、本事業区間のように谷地形が多く起伏が多い地形状況では、従来の横断測量を基にした場合よりも三次元地形データを利用することで高い精度で設計を行えただけでなく、変化点の多い地形状況の区間でも再測量せずに任意の断面で幅杭の設計が可能となるなど、CIM を導入することで得られた効果は多数確認できた。



図1. 石ヶ谷 JCT 概略イメージ(左)土工案(中)橋梁案と(右)土工・橋梁部の設計成果を反映した完成形モデル

4. 三次元道路設計の現況と課題

測量・設計段階からの CIM 導入効果は多数確認できた一方、課題もいくつか確認できた。1つ目は、三次元と二次元の互換性である。三次元モデルは細部をより理解しやすいという利点はあるものの、広域な道路事業全体の計画を把握する上では、二次元の平面図の方が容易で利便性が高いと考える。しかし、現時点では三次元モデルから従来の平面図を自動で作図するところまでは対応できておらず、別途三次元モデルの線形要素から平面図を作成する必要があった。現時点では、詳細なモデルについては、二次元で設計をしてから三次元化の方が効率的だと考えられる。2つ目の課題は、土工部の設計に関して、本事業のように単純な面ではなく切盛りの変化や擁壁が多い区間においては、地形に沿って自動で設計ができないことである。大半の道路事業では、用地条件等によって構造物対応をする箇所が生じるため、一定間隔で手動でモデルの作成が必要となることが分かった。3つ目の課題は、詳細設計段階でどこまで詳細に三次元モデルを作るかである。橋梁や擁壁等の構造計算や、各構造物の鉄筋配置までの詳細なモデル化等、三次元モデル化の必要性や有用性、費用対効果等について検証する必要がある。

5. おわりに：今後の CIM 有効活用に向けた課題

本報文では測量から設計段階における現時点の知見等について取りまとめたが、今後の道路事業への CIM 導入による効果を最大化するにあたっては、作成した三次元モデルがどこまで施工の効率化に活用できるか、どのような三次元モデルを施工・維持管理へ引継ぐべきか等、設計から施工・維持管理への引継ぎが課題である。これらの課題を解決する手段として ECI(Early Contractor Involvement)方式等の新たな契約方式が有効ではないかと考える。現在のデジタル技術の急速な発展と i-Construction の推進を基に建設業界が大きな変革期を迎えている状況下、建設事業の生産性を大幅に向上させるためには、発注者、測量、調査、設計、施工各社が協調をし、課題を解決しながら成功事例を積み上げて行くことが重要だと考える。本事業が今後のモデルケースとなるよう、引続き情報収集等を行い、施工から維持管理まで、今後も CIM を最大限活用し、生産性を向上させていく取組を続けていきたい。