橋面施工管理の生産性向上を実現する DX 自動計測システムの開発

アルソシア建設(株)　　○吉野　優磨
アルソシア建設(株)　正会員　高岡　怜
アルソシア建設(株)　正会員　千葉　史隆
アルソシア建設(株)　　山崎　篤人

１．はじめに

近年，建設業界では少子高齢化や担い手不足の深刻化に伴い，限られた人員で品質を確保しつつ効率的に施工管理を行うことが求められている．このような背景から，ICT や AI 等のデジタル技術を活用した建設 DX が推進されており，施工の省人化および生産性向上に向けた技術開発が活発に進められている．

橋梁上部工工事においては，橋面高さ管理，橋面平坦性管理および壁高欄等の出来形管理など，多くの計測作業が施工管理業務として実施されている．これらの業務は，複数人による計測作業に加え，計測結果の整理や帳票作成などが必要であり，施工管理者の大きな負担となっている．

そこで筆者らは，橋面施工管理業務の省人化および効率化を目的として，「ワンマンレベル測量システム」，「橋面平坦性計測システム」および「橋面出来形計測システム」を開発した．本稿では，各システムの開発経緯，概要および実工事への適用効果について報告する．

２．ワンマンレベル測量システム

(1) 開発経緯

張出架設工法による橋梁上部工工事では，施工に伴って橋面高さが変化するため，日常的なレベル測量による高さ管理が必要となる．従来のレベル測量は，測量機器を操作する作業者と標尺を保持する作業者の２名で実施する必要があり，施工管理者の拘束時間増加の要因となっていた（**写真-1**）．また，測定値の記録や計算作業は手作業で行われることが多く，転記ミスや計算ミスが発生する可能性もあった．そこで，レベル測量における施工管理者の省力化および計測作業の省人化を目的として，１人で測量が可能なワンマンレベル測量システムの開発に着手した．



写真-1　従来のレベル測量

(2) システム概要

ワンマンレベル測量システムは，オートフォーカス機能を備えたデジタルレベルにカメラおよび回転台を装着し，スマートデバイスから遠隔操作を行うことで１人で測量を可能としたシステムである（**図-1**）．



図-1　ワンマンレベル測量システム

測量点の座標を事前に登録することで，測量機器は自動的に対象箇所へ回転し，自動視準を行う．操作フローを**図-2** に示す．作業者はスマートデバイスを用いて測量点を選択し，測量を実施する．取得した測量結果はシステム内で自動計算され，クラウドへ保存される．また，計測データは CSV 形式で出力可能であり，各種施工管理

キーワード　DX，省人化，施工管理のワンマン化，品質向上を付加した DX 省人化技術

連絡先　〒104-0051　東京都中央区佃 2-1-6　アルソシア建設㈱　土木技術部　土木 DX グループ　ＴＥＬ03-4582-3057



図-2　ワンマンレベル測量システム　操作フロー

システムとのデータ連携にも対応している．さらに，本システムは 1km 往復標準偏差 0.2mm の性能を有する 1 級デジタルレベルを使用しているため，高精度なレベル測量が可能である．

(3) 適用効果

橋梁上部工工事に適用した結果，従来 2 名で実施していたレベル測量を 1 名に省人化できた．また，計測結果の自動計算およびクラウド保存により，野帳への記録や計算作業が不要となり，測量作業以降の施工管理業務に要する延べ拘束時間を約 50%削減することができた．さらに，測量データをデジタルデータとして保存し，CSV 形式で出力できることから，他の施工管理システムとのデータ連携が可能となった．加えて，手書きによる記録や手計算作業を削減することで，転記ミスや計算ミスなどのヒューマンエラー防止にも寄与した．

３．橋面平坦性計測システム

(1) 開発経緯

橋面平坦性計測では，3m 定規を用いて床版表面の不陸量を計測する方法が一般的である（**写真-2**）．しかし，橋面平坦性管理では，各カットラインごとに橋軸方向および橋軸直角方向の不陸量を計測する必要があり，計測に多くの時間を要していた．また，測定ごとに立ちしゃがみを繰り返す必要があるため，身体的負担が大きい．さらに，目視による確認や計測結果の記録・整理に多くの時間を要し，施工管理業務の効率化が課題となっていた．そこで，省人化および効率化を目的として，1 人で簡単に計測が可能な橋面平坦性計測システムの開発に着手した．

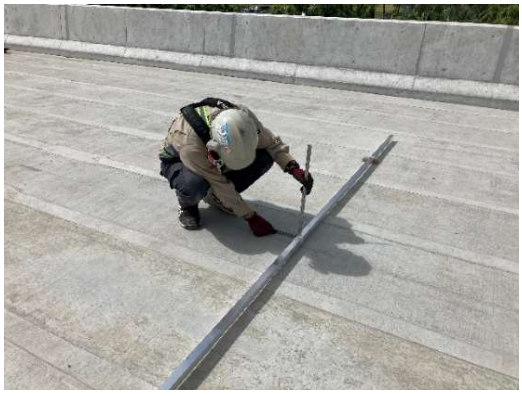


写真-2　従来の橋面平坦性計測状況

(2) システム概要

橋面平坦性計測システムは，自動追尾式トータルステーションと専用計測台車を用いて橋面の不陸量を計測するシステムである（**図-3**）．計測台車には 360° プリズムを搭載し，橋面上を 3m 移動させることで，自動追尾式トータルステーションがその軌跡を連続計測する．取得した高さデータから不陸量を自動算出し，結果を画面上へ表示するとともに，計測結果を保存することができる．さらに，保存したデータを用いて帳票を自動作成し，計測からデータ確認，結果整理，帳票作成までの一連の施工管理業務を効率化した．

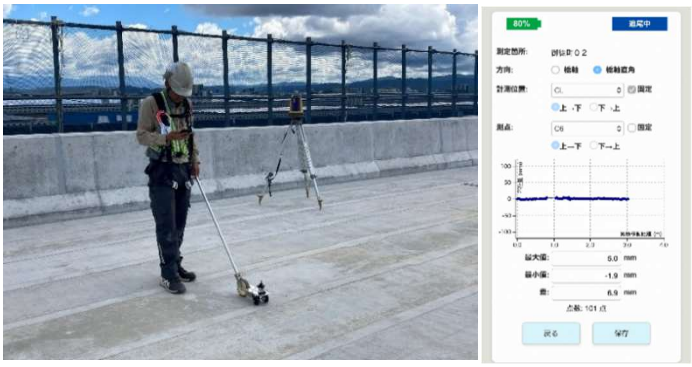


図-3　橋面平坦性計測システム

(3) 不陸量算出方法

本システムでは，自動追尾式トータルステーションにより取得した 3 次元座標データから不陸量を算出する．まず，計測開始点を基準として各計測点の高さデータを取得し，移動軌跡上の相対高さを算出する．次に，計測開始点および終了点の座標から方向角を求め，開始点と終了点が同一高さとなるように座標データを回転補正する．さらに，補正後の軌跡データから最大値および最小値を抽出し，その高低差を不陸量として算出する（**図-4**）．

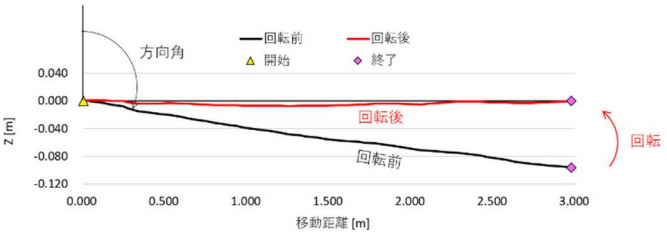
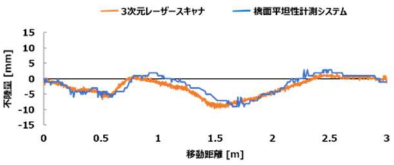


図-4　不陸量算出方法

この回転補正処理により，橋面の縦断勾配や横断勾配などの影響を除去し，局所的な凹凸形状のみを抽出することが可能となる．そのため，従来の 3m 定規による不陸計測と同様の評価を自動的に実施できる．

(4) 精度検証

本システムの精度を確認するため，3 次元レーザースキャナによる計測結果との比較を行った．その結果，**図-5** に示す通り不陸量の誤差は 1mm 以内であり，本システムが橋面形状を高精度に計測できることを確認した．検証結果より，本システムは施工管理に必要な精度を十分に満足しており，実工事へ適用可能であることを確認した．



不陸量計測結果

	レーザースキャナ	本システム
最大値	2mm	3mm
最小値	-10mm	-9mm
差	12mm	12mm

図-5　精度検証結果

(5) 適用効果

実工事への適用の結果，従来は橋梁上床版 100m 当たり，計測から帳票作成までに約 6 日/人を要していた業務を約 1 日/人で完了することができ，約 85%の省力化を実現した（**図-6**）．また，立ちしゃがみ動作が不要となることで，作業者の身体的負担を軽減したほか，機械による自動計測およびデータ処理により，読み取りミスや転記ミス等のヒューマンエラー防止にも効果を発揮した．



図-6　適用効果

4．橋面出来形計測システム

(1) 開発経緯

橋梁上部工工事における壁高欄等の出来形管理では，天端幅，地覆幅，地覆高，蹴上がり高などの各種寸法を計測する必要がある．壁高欄の出来形管理は計測項目が多く形状が複雑なため，1 箇所当たりの計測に時間を要し，施工管理者の大きな負担となっていた．従来はスケールや水平器を用いて 2 名 1 組にて計測を行い，計測結果の記録や帳票作成を手作業で実施していた．また，立会検査時には計測者に加え，黒板の準備や写真撮影者が必要となるため，多くの人員と時間を要していた（**写真-3**）．そこで，橋面出来形計測における施工管理者の省力化および計測作業の省人化を目的として，橋面出来形計測システムの開発を行った．



写真-3　従来の壁高欄出来形計測状況

(2) システム概要

橋面出来形計測システムは，自動追尾式トータルステーションと専用アプリケーションを組み合わせた出来形計測システムである（図-7）．本システムでは，自動追尾式トータルステーションにより 360° プリズムの位置を計測し，取得した座標データから各種出来形寸法を自動算出する．作業者はプリズムを計測位置へ移動させるだけで計測が可能となり，計測結果はリアルタイムに操作端末上へ表示される．また，計測データは自動的に保存され，CSV 形式で出力できるため，出来形帳票の自動作成が可能である．これにより，従来手作業で実施していた計測値の記録や帳票作成作業を効率化することができる．



図-7　橋面出来形計測システム

(3) 高精度計測に向けた取組

本システムの開発にあたり，出来形計測への適用に向けて 3 つの課題があった．第一に，図-8 の A 部に示すように，壁高欄の傾斜面や床版との交点部では，プリズム本体が構造物と干渉するため，プリズムを垂直に設置できない箇所が存在する点である．第二に，図-8 の B 部に示すように，壁高欄の角部は面取りされているため，本来計測すべき角部に直接プリズムを設置できない点である．第三に，壁高欄の出来形計測や有効幅員の計測では複数の計測点を同一カットライン上で計測する必要があるが，現場では必ずしも墨が設置されているとは限らず，計測位置の正確な確認が困難である点である．そこで筆者らは，球石突を用いた計測方法，延長線交点法による角部座標算出方法および基準軸からの離隔量表示機能を考案した．その結果，本システムにより計測した値と従来のスケールによる計測結果との差は 2mm 以内となり，出来形管理に求められる精度を十分に満足することを確認した．

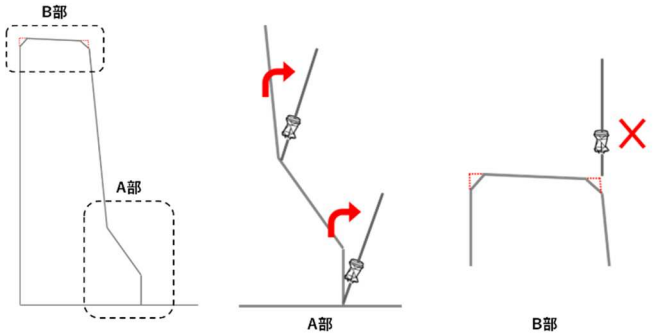


図-8　高精度計測に向けた課題

a) 球石突を用いた計測方法

従来の石突では，傾斜面等においてプリズムを垂直に設置することが困難であった．そこで，プリズム先端の石突を球形状とした球石突を採用した（図-9）．球石突を測定面に接した状態でプリズムを垂直に保持することで，測定面から一定距離（球半径分）離れた位置の座標を取得できる．取得した座標は球半径分のオフセット補正を行うことで，実際の測定面上の座標へ変換することができる．これにより，傾斜面等においても再現性の高い計測を可能とした．

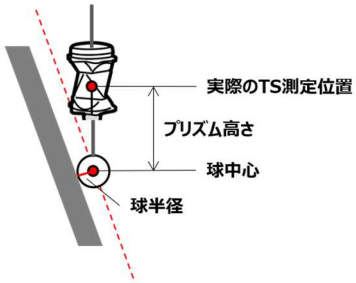


図-9　球石突を用いた計測

b) 延長線交点法による角部座標の算出

壁高欄の角部は面取りされているため，実際の角部座標に直接プリズムを設置することが困難である．そこで本システムでは，各面について 2 点ずつ座標を取得し，それらの座標から各面の線分を作成する．次に，各線分を延長して交点座標を算出し，その交点を角部座標として求める手法を採用した（図-10）．さらに，算出した角部座標間の距離から，天端幅，地覆幅，地覆高および蹴上がり高等の出来形値を自動算出することが可能となった．これにより，面取り部に対しても安定した出来形計測を実現した．

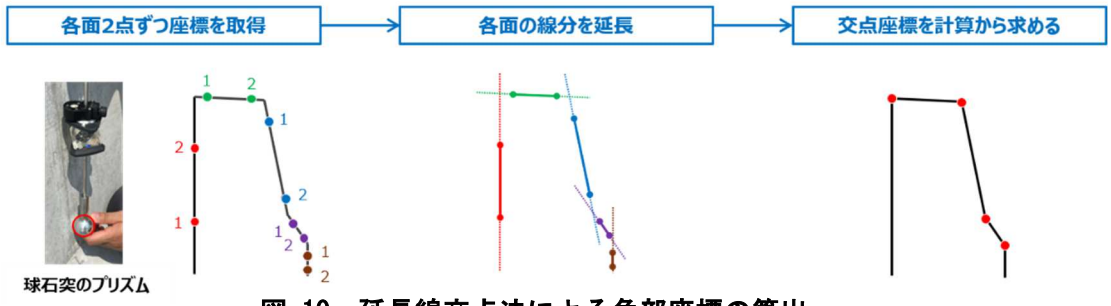


図-10　延長線交点法による角部座標の算出

c) 基準軸からの離隔量表示による計測位置誘導

壁高欄の出来形計測や有効幅員の計測では，各計測点を同一カットライン上で計測する必要がある．しかし，現場では出来形計測に必要な墨が設置されていない場合があり，計測位置を正確に決定することが困難であった．そこで本システムでは，橋軸方向の 2 点を計測して基準軸を設定し，その基準軸から直角方向となるカットラインをシステム上で自動生成する機能を実装した．計測時には，計測位置とカットラインとの離隔量をリアルタイムで表示することで，計測者をカットライン上へ誘導することができる．これにより，墨の有無に関わらず正確な計測が可能となり，同一カットライン上での確実な出来形計測を実現した．

(4) 適用効果

本システムの導入により，従来 2 名で実施していた出来形計測を 1 名で実施可能とし省人化を実現した．また，計測結果は CSV 出力およびデータ連携により帳票作成作業の自動化が可能となり，計測から帳票作成までの施工管理業務に要する延べ拘束時間を約 50%削減した．さらに，手書きによる記録や転記作業を削減することでヒューマンエラーの防止を図った．加えて，各計測点の座標データから寸法を算出するため，従来手法と同等以上の精度で出来形管理を実施できることを確認した．

５．まとめ

本稿では，橋面施工管理業務の省人化および効率化を目的として，ワンマンレベル測量システム，橋面平坦性計測システムおよび橋面出来形計測システムを開発し，実工事への適用効果について報告した．

ワンマンレベル測量システムでは，デジタルレベルの遠隔操作および自動計算機能により，従来 2 名を必要としていたレベル測量を 1 名で実施可能とし，施工管理業務に要する拘束時間を約 50%削減した．

橋面平坦性計測システムでは，自動追尾式トータルステーションを用いた連続計測と解析の自動化により，従来約 6 日を要していた平坦性管理業務を約 1 日で完了することが可能となり，約 85%の省力化を実現した．

また，橋面出来形計測システムでは，自動追尾式トータルステーションによるワンマン計測と計測結果のデータ連携により，出来形管理における省人化および帳票自動作成の効率化を実現した．

これら 3 つのシステムはいずれも，従来人手に依存していた橋面施工管理業務を DX 化し，「計測」「計算」「記録」「帳票作成」までを一連で自動化できる点に特徴がある．その結果，施工管理者の負担軽減だけでなく，計算ミス等のヒューマンエラー低減，計測データの他システムへのデータ連携および品質向上が可能となった．

以上より，本技術は橋面施工管理の DX 化を実現し，建設業が直面する担い手不足への対応および生産性および品質の向上に有効な技術であることを確認した．今後は各システムの連携強化や適用範囲の拡大を進めることで，橋梁工事における施工管理業務のさらなる効率化と省人化の実現を目指していく．

６．参考文献

高岡　怜，浪岡　和浩，中山平大橋工事における DX の取組み-施工管理の生産性 1.5 倍向上を目指して-，プレストレストコンクリート，Vol68，No.3，pp.29-34，2026