



3次元計測技術を用いた出来形管理の活用手引き(案)

第13編 構造物工(橋脚・橋台)編

令和4年12月 ※令和6年3月一部改訂

国土交通省関東地方整備局

13. 構造物工(橋脚・橋台)編

○出来形管理の変革イメージ

従来は、基準高・厚さ・天端幅等を**検尺テープ等**により計測して出来形管理を実施していた。
⇒**3次元計測技術を用いて点間距離を計測**することで**省力化・省人化**を図る。

Before

検尺テープによる出来形管理

- ・出来形基準項目の寸法を検尺テープやレベル等で計測
- ・計測データを帳票作成(手動作成)、写真管理



従来施工
(高所での測量)

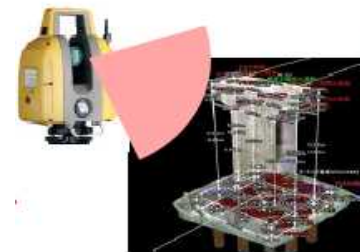


書面を電子化
して検査

After

TLS(地上型レーザースキャナー)による出来形管理

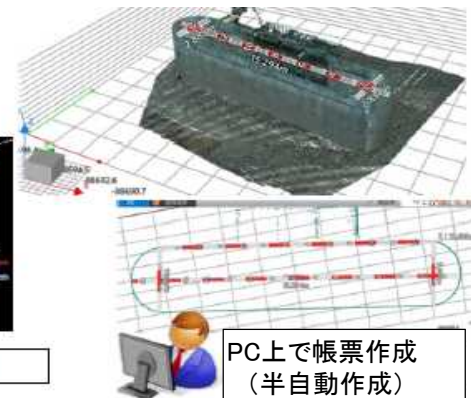
- ・TLS等の機器を用いて計測
- ・機器等で取得した点群を利用し、PC上で帳票作成(半自動作成)



TLSで点群測量

表 13-1 TLS等適用可能な3次元計測技術

3次元計測技術 例
TS等光波方式
空中写真測量(UAV)
地上型レーザースキャナー
無人航空機搭載レーザースキャナー



PC上で帳票作成
(半自動作成)

実施効果

- ・高所作業が軽減するため安全性が向上
- ・個別で取りまとめていた写真帳を1つのデータ内に格納可能となるため写真管理の効率化が可能
- ・出来形データ(3次元座標データ)の維持管理へのデータ連携が図れる
- ・初期ひび割れ等の損傷を維持管理の属性情報として利用可能
- ・3次元として認識できるため、協議時間の短縮に繋がる
- ・出来形管理帳票作成ソフトウェアによる出来形管理資料作成の短縮

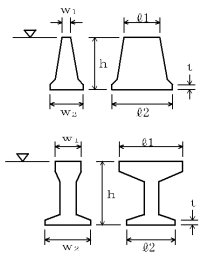
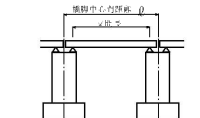
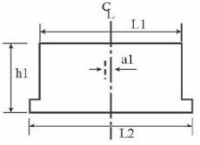
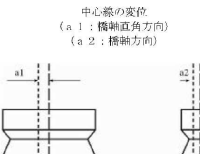
13. 構造物工(橋脚・橋台)編

○出来形管理基準及び規格値

3次元計測技術を用いた出来形管理では、各計測技術に応じ、測定項目、計測方法を設定し、**従来と同様な出来形管理に加えて、出来ばえ評価と写真計測技術を用いた表面状態の把握と記録**を行う。

Before

出来形管理基準及び規格値(橋脚躯体エーラーン式以外)

測定項目		規格値	測定基準	測定箇所
基準高 ▽		±20	橋軸方向の断面寸法は中央及び両端部、その他は寸法表示箇所。 箱抜き形状の詳細については「道路橋支保便覧」による。	
厚さ t		-20		
天端幅 w1 (橋軸方向)		-20		
敷幅 w2 (橋軸方向)		-50		
高さ h		-50		
天端長 l1		-50		
敷長 l2		-50		
橋脚中心間距離 ℓ		±30		
支間長及び中心線の変位		±50		
支承部アンカーボルトの箱抜き規格値				
計画高		+10～-20		
平面位置		±20		
アンカーボルトの鉛直度		1/50以下	3次元計測にはない項目なので、従来通り計測	

検尺テープによる出来形管理

3次元計測にはない項目なので、従来通り計測

After

1.出来形管理基準及び規格値(橋脚躯体エーラーン式以外)

出来形管理基準及び規格値は**従来通り(表13-2)**。

2.要求精度

構造物工(橋脚躯体工)における**計測時の要求精度は、表13-2を満足する必要がある。**

3.出来形管理

3次元設計データを作成し、**以下3項目で出来形評価を実施**

①出来形管理 (次ページ①参照)

従来項目の規格値に対して、PC上で寸法を算出

②出来ばえ評価 (次ページ②参照)

凹凸の良否判定(図13-1)

③写真計測技術を用いた 表面状態の把握と記録 (次ページ③参照)

写真を用いたひび割れ調査(図13-2)

表13-2 規格値と要求精度

測定項目	規格値	要求精度
基準高 ∇	$\pm 20\text{mm}$	7mm以下
厚さ t	-20mm	
天端幅 w_1	-20mm	16mm以下
敷幅 w_2	-50mm	
高さ h	-50mm	
天端長 l_1	-50mm	
敷長 l_2	-50mm	
支間長及び中心線の変位	$\pm 50\text{mm}$	10mm以下
橋脚中心間距離 ℓ	$\pm 30\text{mm}$	
支保部アンカーボルトの箱抜き規格値		7mm以下
計画高	$+10\text{mm} \sim -20\text{mm}$	
平面位置	$\pm 20\text{mm}$	

機器に対する要求精度

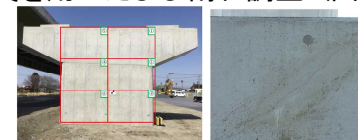


図13-2 表面状態の把握イメージ

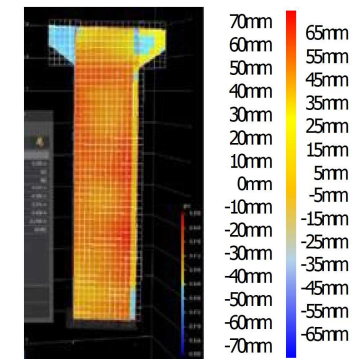


図13-1 出来ばえ評価イメージ

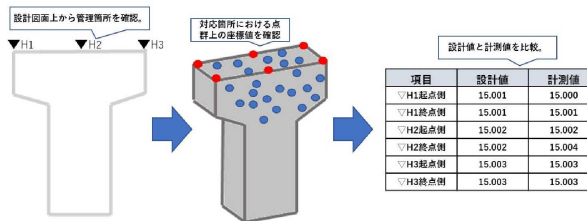
13. 構造物工(橋脚・橋台)編

○出来形管理方法と出来形管理資料作成

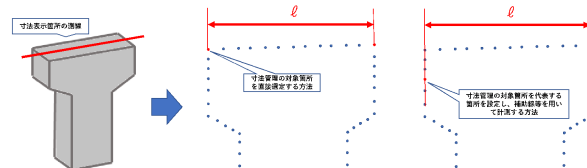
①出来形管理 (多点計測技術を用いた場合)

管理対象箇所の全ての箇所で3次元座標値を取得し、出来形計測結果を算出する。

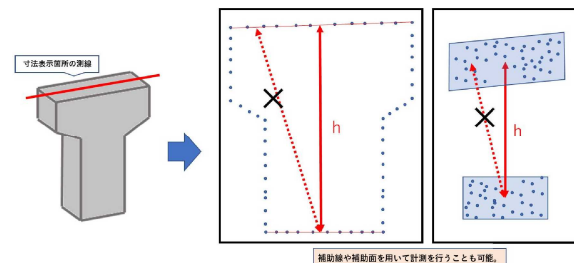
1. 基準高・計画高の算定方法



2. 水平距離の算出方法(天端幅、敷幅等)



3. 鉛直方向の差分算出方法(高さ等)



4. 支間長等、5. 支承部アンカーボルト箱抜き(高さ等)、6. 精度検証用検証点の設置方法について

参考資料-2 構造物工における出来形算出ガイドを参照

②出来ばえ評価 (凹凸の良否判定)

現場で取得した点群データ等から出来ばえ評価用データを作成し、3次元設計データと重ねて表示し凹凸判定を行う。

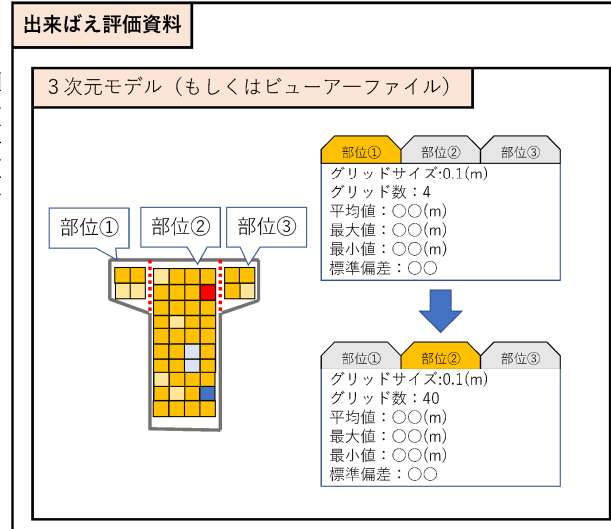
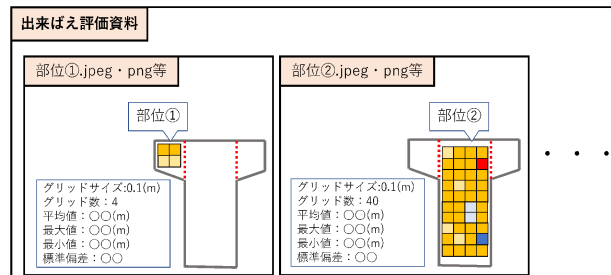


図13-13 出来ばえ評価資料(モデルもしくはビューアーファイル) イメージ

②部位別の算出結果及び分布図の画像

算出結果及び分布図を各面毎に分けて画像を保存し、対象橋脚及び橋台毎に纏めたもの。



③写真計測技術を用いた表面状態の把握と記録

目視及び「スケールによる測定」の代替として、出来形表面の写真を作成する。

写真計測技術による性能確認試験結果報告書

1. 計測対象に対する画素寸法が1mm以内となる撮影距離の算出結果

計測対象	計測距離 [m]	画素寸法 [mm]
壁面	2	0.548
壁面	4	1.095
壁面	6	1.643

2. 算出した距離にて撮影していることが分かる写真(撮影状況写真)



3. 算出した距離にて撮影した写真(撮影写真)



13. 構造物工(橋脚・橋台)編:3次元計測技術を用いた出来形管理の実施フロー(1) 国土交通省 関東地方整備局

構造物工(橋脚)フロー	内 容	作成データ
① 施工計画書作成	適用工種、適用区域、出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真、使用機器の仕様、ソフトウェア等	・施工計画書 (PDF等)
② 工事基準点設置	出来形管理等の3次元計測時の利用状況を考慮して基準点を設置	・工事基準点データ (CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル)
現況地形データ、3次元設計データを活用 ※現況地形データが無い場合は、③工事測量(起工測量)を実施 3次元設計データが無い場合は、④3次元設計データを作成		
施 工		
⑤ 出来形管理資料作成	所定の測定精度、計測密度を満足する現況データを取得し、出来形算出用に選点した出来形評価用データを作成する	・精度確認試験結果報告書、出来形管理資料(PDF等) ・出来形評価用データ【TINデータ】 (CSV、LandXML等のオリジナルデータ) 計測設定は手作業、寸法はソフト
⑥ 出来ばえ評価資料作成	所定の測定精度、計測密度を満足する現況データを取得し、出来形算出用に抽出した各面に対し出来ばえ評価用データを作成する	・出来ばえ評価資料(PDF、3Dビューアファイル) ・出来ばえ評価用データ【TINデータ】 (CSV、LandXML等のオリジナルデータ) 計測設定は手作業、分布図はソフト
⑦ 写真計測技術を用いた表面状態の把握と記録	写真計測技術を用いて撮影した写真から構造物表面の0.2mmのひび割れを把握・記録する	・性能確認試験結果報告書等(PDF等) ・出来形表面の写真(PDF、jpeg等) ひび割れ計測はソフト、評価は手作業
⑧ 電子成果品納品 (3次元データの納品)	作成、利用した3Dデータ、出来形管理資料等を納品する	・3次元計測技術を用いた出来形管理資料 3次元設計データ、出来形管理資料、出来ばえ評価資料等 (LandXML、PDF等)

13. 構造物工(橋脚・橋台)編:3次元計測技術を用いた出来形管理の実施フロー(2) 国土交通省 関東地方整備局

○発注者(監督職員及び検査職員)と施工業者の実施内容一覧表

実施フロー	段階	発注者	行為	受注者	実施内容
①施工計画書作成	着手時	監督職員	受理 ←	施工業者	①施工計画書を受理 ②記載事項の確認
	検査時	検査職員	確認 →	施工業者	3次元計測技術を用いた出来形管理に係わる施工計画書の記載内容
②工事基準点設置	着手時	監督職員	指示 →	施工業者	基準点の指示
	着手時	監督職員	報告 ←	施工業者	工事基準点等の設置状況の把握
	検査時	検査職員	確認 →	施工業者	3次元計測技術を用いた出来形管理に係わる工事基準点等の測量結果等
③工事測量(起工測量)	着手時	監督職員	受理 ←	施工業者	精度確認試験結果報告書の把握
	検査時	検査職員	確認 →	施工業者	精度確認試験結果報告書の確認
④3次元設計データ作成	着手時	監督職員	指示 →	施工業者	設計図書の3次元化の指示
	着手時	監督職員	受理 ←	施工業者	3次元設計データチェックシートの確認
	検査時	検査職員	確認 →	施工業者	①設計図書の3次元化に関わる確認 ②3次元設計データチェックシートの確認
⑤出来形管理資料作成 ⑥出来ばえ評価資料作成	着手時	監督職員	受理 ←	施工業者	精度確認試験結果報告書の把握
⑦写真計測技術を用いた表面状態の把握と記録	検査時	監督職員	受理 ←	施工業者	出来形管理資料(出来形管理図表)を用いた出来形管理状況、出来ばえ評価資料、出来形表面写真の把握
	検査時	検査職員	確認 →	施工業者	①3次元計測技術を用いた出来形管理に関わる精度確認試験結果報告書の確認 ②3次元計測技術を用いた出来形管理に関わる出来形管理資料、出来ばえ評価資料、出来形表面写真の確認
⑥電子成果品納品	検査時	検査職員	確認 →	施工業者	①品質管理および出来形管理写真の確認 ②電子成果品の確認 ③検査職員が任意に指定する箇所の出来形検査

13. 構造物工(橋脚・橋台)編:3次元計測技術を用いた出来形管理の実施フロー (3) 国土交通省 関東地方整備局

① 施工計画書作成

施工計画書に次の事項を記載。

1) 適用区域

3次元計測範囲、出来形管理を行う範囲。

2) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

- ・契約上必要な出来形計測を実施する出来形管理箇所。
- ・該当する出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準。

3) 使用機器・ソフトウェア

3次元計測技術の計測性能、機器構成及び利用するソフトウェア。

4) 使用する3次元計測技術による計測に関わる事項

- ・上記の1)～3)以外に各3次元計測技術に別途定める事項。
- ・3次元計測技術によって内容が異なるため、各工種で定める各計測技術。



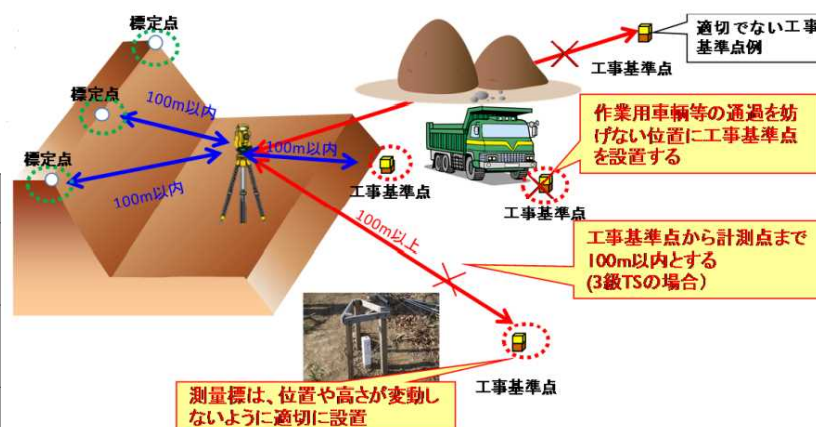
出来形管理の範囲は、3次元計測機器で計測する場合、広範囲を計測可能だが、実施に当たっては受発注者間で十分協議の上、実施する。

② 工事基準点設置

- ・出来形管理で利用する工事基準点を設置。
- ・出来形管理で利用する工事基準点の設置は、「国土交通省 公共測量作業規程」に基づいて実施し、測量成果、設置状況と配置箇所を提出する。



工事基準点等を含む測点を計測する際は、計測機器の設置箇所から目視可能な場合においても、計測機器が測点を認識できない場合があるため留意する。



段階	発注者	行為	受注者	実施内容
着手時	監督職員	指示 →	施工業者	基準点の指示
着手時	監督職員	報告 ←	施工業者	工事基準点等の設置状況の把握
検査時	検査職員	確認 →	施工業者	3次元計測技術を用いた出来形管理に係わる工事基準点等の測量結果等

図13-3 適正な場所に工事基準点を設置

※現況地形データが無い場合

③ 工事測量(起工測量)

1) 起工測量の実施

- ・着工前の現場形状を把握するための起工測量を実施。
- ・起工測量時の測定精度及び計測密度は、各計測技術で定める「計測性能及び精度管理」による。



工事測量(起工測量)を面的に実施すれば、後日PC上で細部形状等の確認したい箇所を閲覧・計測できる。

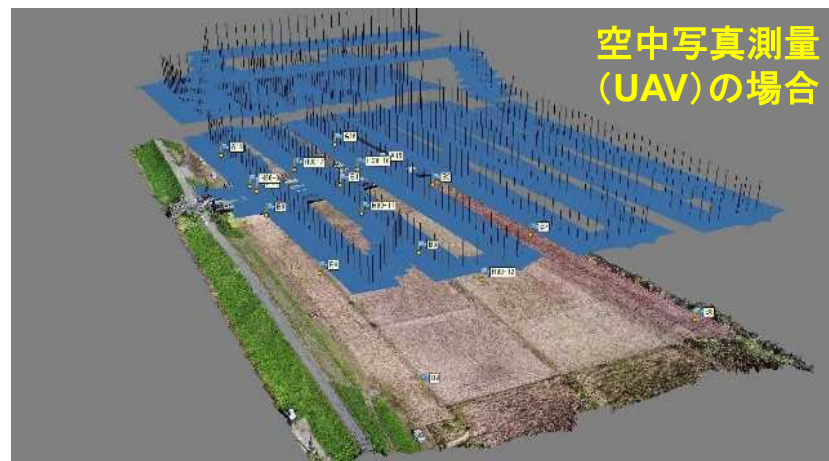


図13-4 起工測量実施例

2) 起工測量計測データの作成

3次元計測技術で計測した現況地形の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される起工測量計測データを作成。

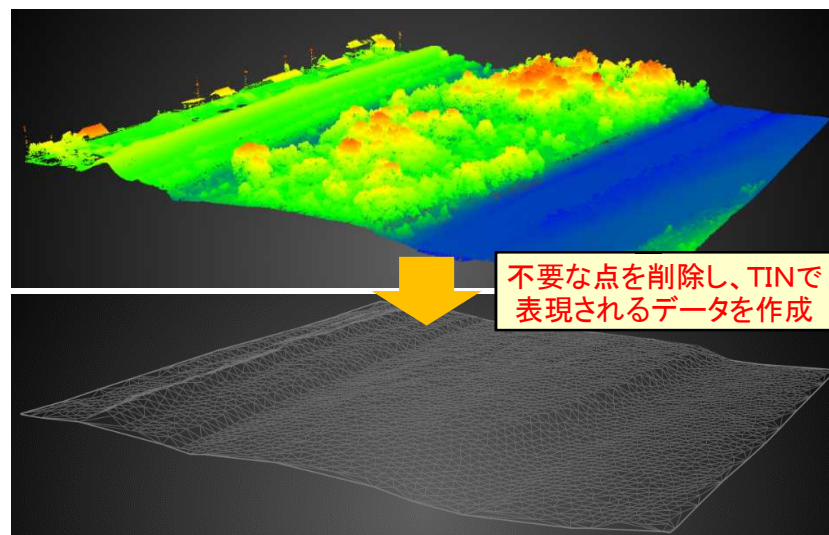


図13-5 起工測量計測データ作成事例

段階	発注者	行為	受注者	実施内容
着手時	監督職員	受理 ←	施工業者	精度確認試験結果報告書の把握
検査時	検査職員	確認 →	施工業者	精度確認試験結果報告書の確認

※3次元設計データが無い場合

④ 3次元設計データ作成

出来形評価用データとの比較が可能な3次元設計データを設計図書を基に作成すると共に、3次元設計データチェックシートを作成。

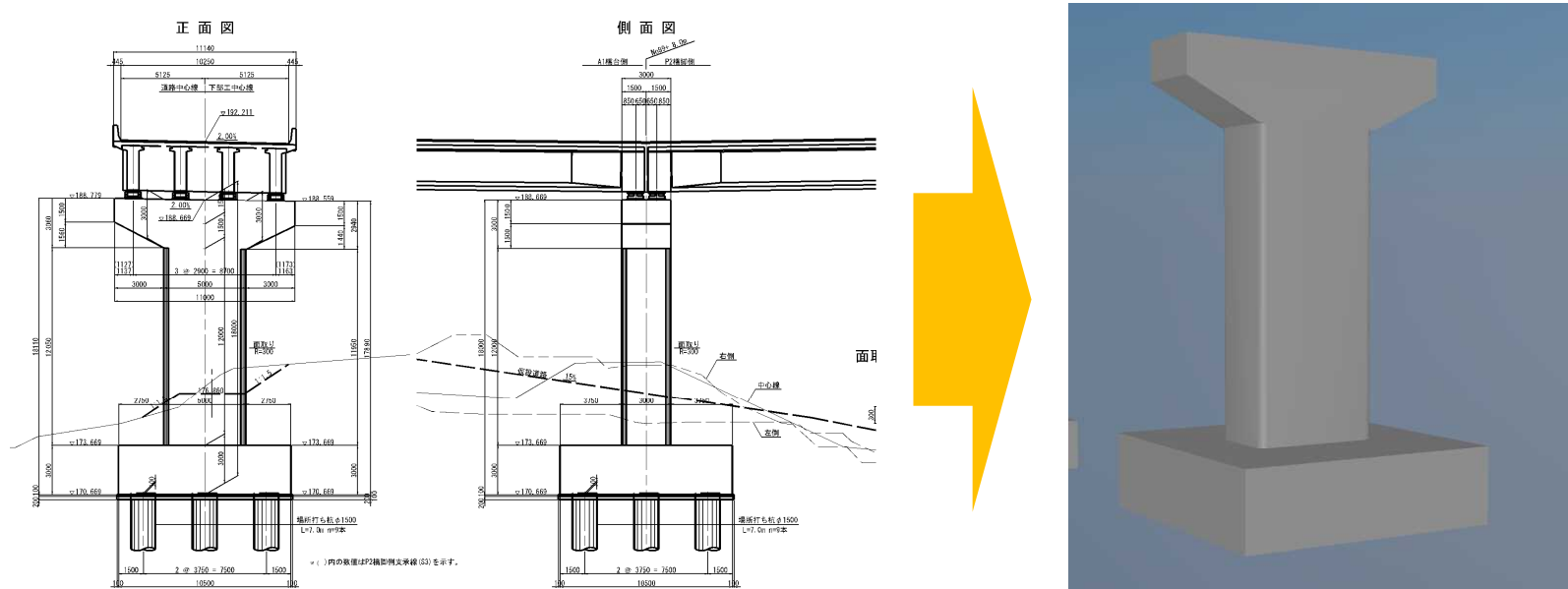


図13-6 設計図書から3次元設計データの作成事例

段階	発注者	行為	受注者	実施内容
着手時	監督職員	指示 →	施工業者	設計図書の3次元化の指示
着手時	監督職員	受理 ←	施工業者	3次元設計データチェックシートの確認
検査時	検査職員	確認 →	施工業者	①設計図書の3次元化に関わる確認 ②3次元設計データチェックシートの確認

⑤ 出来形管理資料作成



3次元計測機器の活用について、留意点を以下へ示す。

- ・足場の撤去が必要
- ・TLS:天端の計測が困難
- ・UAV:直上空から側面の計測が困難、一定の計測速度が必要
- ・TS・NTS:計測角度が鋭角になると精度が低下

1) 出来形計測の実施

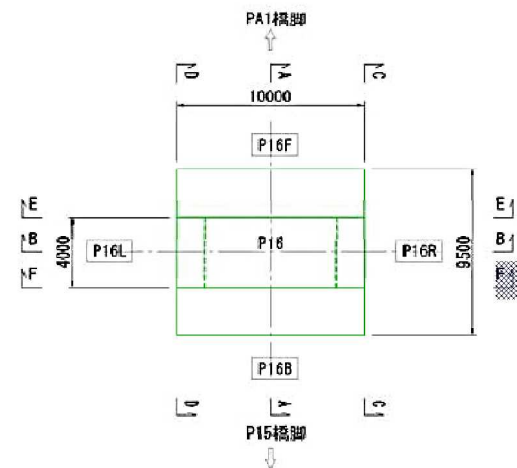
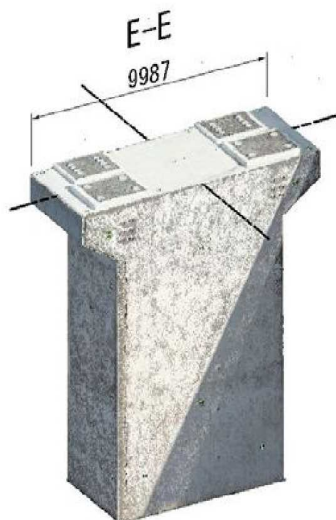
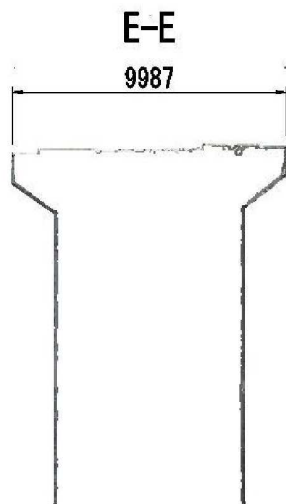
出来形管理を行うため、施工後に所定の測定精度及び計測密度を満足した出来形計測を実施。

2) 出来形評価用データ等の作成

出来形算出用に選点(寸法値の対象となる端部2点、基準高の対象となる点など)した出来形評価用データを作成。

構造物水平距離算定表(UAV-写真)

E-E:橋軸直角方向



算定箇所	設計値(m)	実測値(m)	差(m)
A-A	4.000	3.998	-0.002
B-B	10.000	9.973	-0.027
C-C	4.000	3.991	-0.009
D-D	4.000	4.002	0.002
E-E	10.000	9.987	-0.013
F-F	10.000	10.010	0.010

図13-7 出来形評価用データ等の作成事例

3) 出来形管理資料の作成

3次元座標を用いて出来形寸法を算出し、出来形管理資料を作成。

出来形計測箇所は、「出来形管理基準及び規格値(案)」で示す箇所とし、規格値を満足しているかを確認。

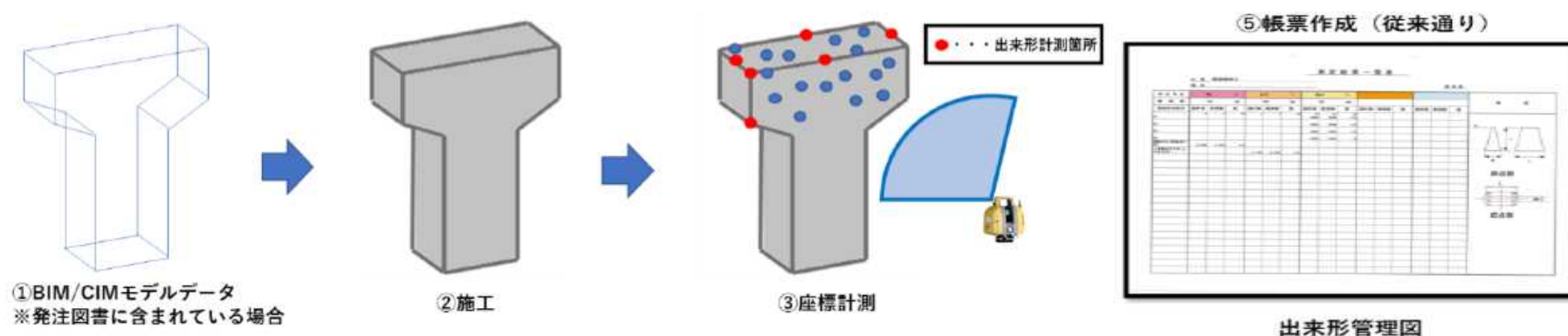


図13-8 出来形計測箇所と出来形値の算出・出来形帳票作成の流れ(橋脚の例)

実施フロー	段階	発注者	行為	受注者	実施内容
⑤出来形管理資料作成	着手時	監督職員	受理 ←	施工業者	精度確認試験結果報告書の把握
⑥出来ばえ評価資料作成	検査時	監督職員	受理 ←	施工業者	出来形管理資料(出来形管理図表)を用いた出来形管理状況、出来ばえ評価資料、出来形表面写真の把握
⑦写真計測技術を用いた表面状態の把握と記録	検査時	検査職員	確認 →	施工業者	①3次元計測技術を用いた出来形管理に関わる精度確認試験結果報告書の確認 ②3次元計測技術を用いた出来形管理に関わる出来形管理資料、出来ばえ評価資料、出来形表面写真の確認

※⑥出来ばえ評価資料作成、⑦写真計測技術を用いた表面状態の把握と記録についても発注者(監督職員及び検査職員)と施工業者の実施内容は同様であるため、同表に記載

⑥ 出来ばえ評価資料作成

1) 3次元計測の実施

出来ばえの評価を実施するために、施工後に所定の測定精度及び計測密度を満足した3次元計測を実施。「出来形計測」において、既に計測した点群がある場合は、その点群を利用してよい。



3次元計測機器を用いて点群データを取得する場合は、足場の撤去後に実施する必要がある。

2) 出来ばえ評価用データおよび出来ばえ評価資料の作成

不要点削除が終了した計測点群データを対象に、さらに点密度を調整した出来ばえ評価用データを作成すると共に、3次元設計データと出来ばえ評価データを用いて、以下に示すような出来ばえ評価資料を作成。

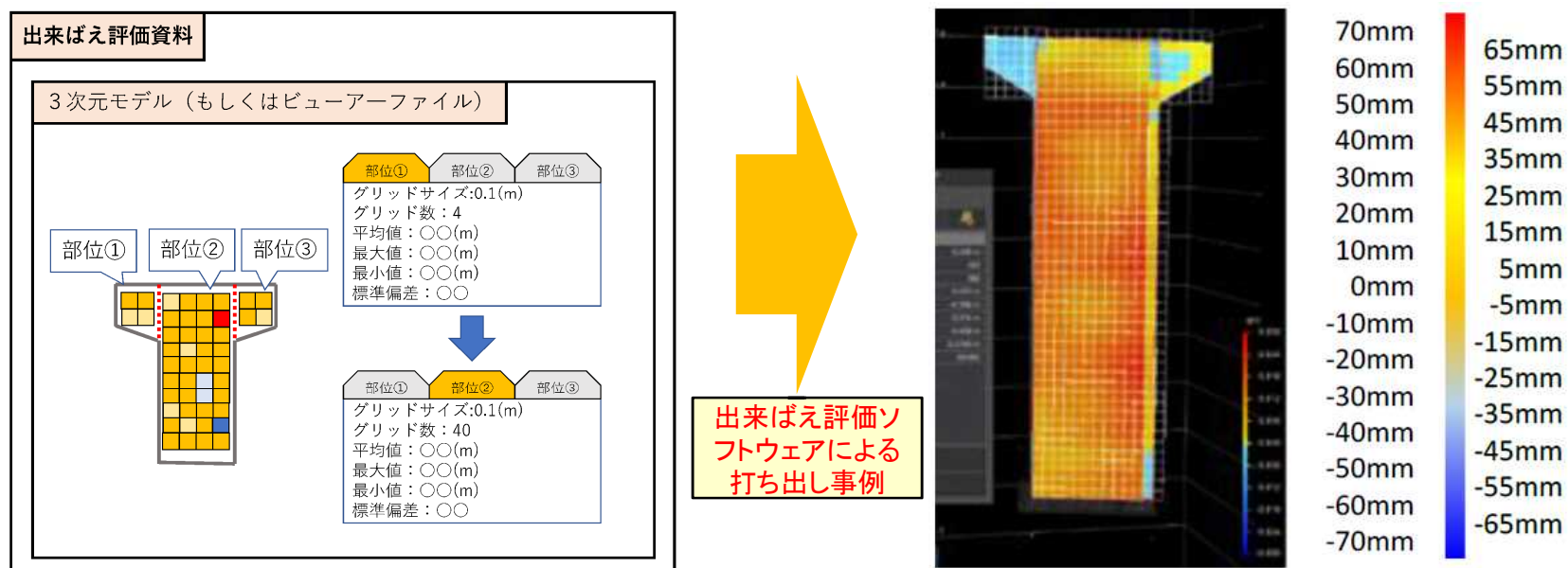


図13-9 出来ばえ評価資料(3次元モデルもしくはビューアーファイル)出力イメージ

⑦写真計測技術を用いた表面状態の把握と記録

写真計測技術を用いたひび割れの調査

写真計測技術を用いて撮影した写真から構造物表面に0.2mmのひびが確認できる場合、品質管理基準(案)におけるひび割れ調査において、【目視及び「スケールによる測定」】を、写真を用いたひび割れ調査に替えることが可能。

ただし、ひび割れ調査の代替が可能な精度を担保するため、事前に写真計測技術におけるひび割れ調査の性能確認試験を実施。

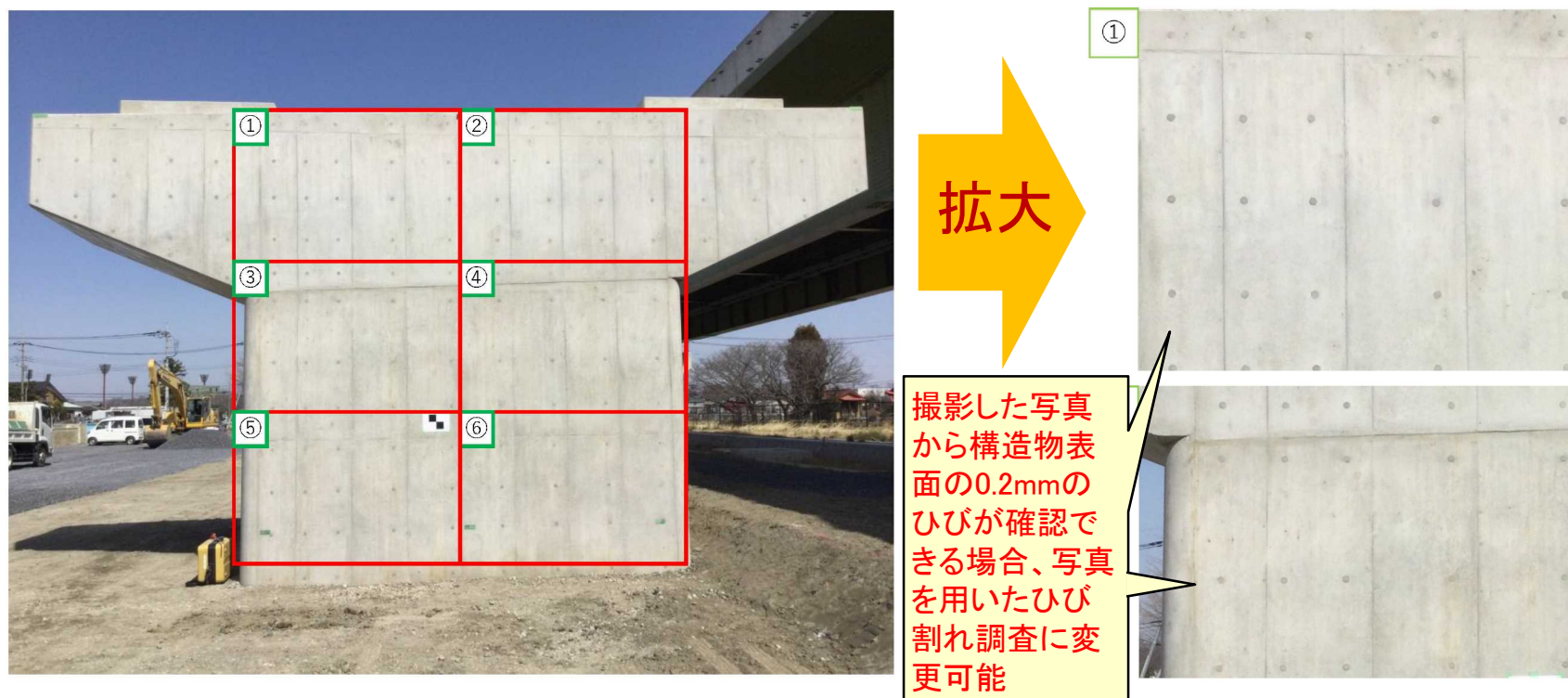


図13-10 出来形表面の写真(モデルまたはビューアー)イメージ

⑧電子成果品納品(3次元データの納品)



出来形管理における書類作成等の事務作業が、全て電子データとなるため生産性の向上へ寄与できる。

本管理要領(案)に基づいて作成する電子成果品は、以下のとおり。

- ①BIM/CIMデータ(※発注図書に含まれる場合)
- ②3次元設計データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))
- ③出来形管理資料(出来形管理図表(PDF)及びビューアー付き3次元データ)
- ④出来ばえ評価資料(モデルもしくはビューアーファイルまたは各面毎に分割した資料)
- ⑤3次元計測技術による出来形評価用データ(CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)
- ⑥3次元計測技術による計測点群データ(CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)
- ⑦出来形表面の写真(モデルもしくはビューアーファイルまたは撮影箇所分かる資料)
- ⑧工事基準点及び標定点データ(CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル)

電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納。
格納するファイル名は、3次元計測技術を用いた出来形管理資料が特定できるように記入。

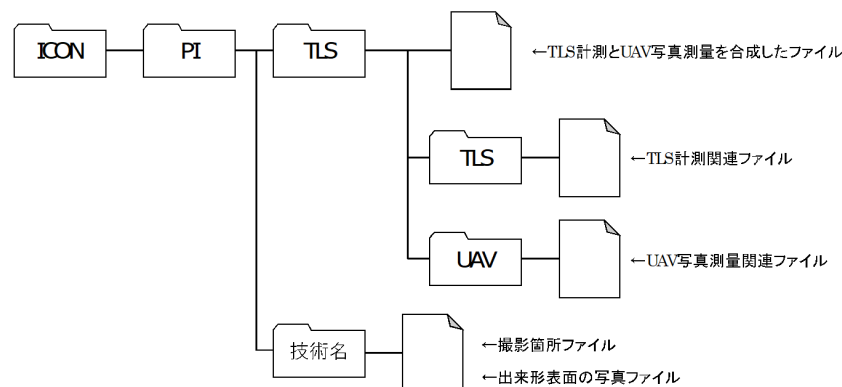


図13-11 TLSを主とし空中写真測量(UAV)にて欠測補間した場合のフォルダ構成例

段階	発注者	行為	受注者	実施内容
検査時	検査職員	確認 →	施工業者	①品質管理および出来形管理写真の確認 ②電子成果品の確認 ③検査職員が任意に指定する箇所の出来形検査