

2019.11.12 中国地方建設技術開発交流会(島根)

A 3D digital model of a terrain slope. The slope is covered with green vegetation, likely trees and shrubs, and a grey road or path runs along its length. The model is presented in a perspective view, showing the top and side of the slope.

法面工事における3次元モデルの活用

日特建設(株) 技術本部 防災工学研究室 課長
藤田 哲

はじめに

法面工事における3次元モデル活用の概要

UAVによる法面の撮影を行い、3次元モデルを作成⇒
着工～施工管理に活用する

着手前
設計

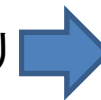
現況斜面把握
展開図、断面図作成
(概略数量算出)



災害対応、発注者、顧客
への設計協力、アピール
受注確保への優位性

施工中

出来形、進捗管理
人力でのテープ測量に代わり
任意の計測データを取得



施工進捗の見える化
変更協議資料への活用

完成

完成検査(出来形)対応
出来形計測値の確認



ICT活用工事への準備
(完成検査の省力化に対応)

維持管理

法面構造物の定期的な点検
ひび割れ、剥離、浮きなどの箇
所をマーキング、寸法確認して
記録として残す



補修、補強工法導入への
バックデータ作成

ICT法面工（吹付工）について

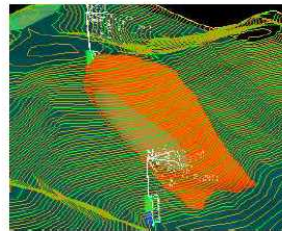
○ ICT活用 土工と合わせて3D設計データを作成し、法面工（吹付工）の施工管理に活用。

① UAV・TLSによる
3次元測量



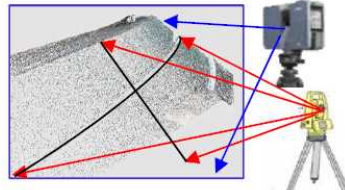
人の立入が危険な急傾斜も短時間で面的に3次元測量を実施

② 3次元測量データによる設計・施工計画



3次元測量結果から吹付面の照査に基づく変更数量算出

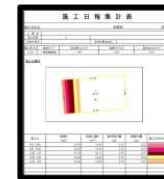
③ 施工、出来高、出来形管理
法面工のうち、吹付けに適用し今後現場打ち法枠や、プレキャスト法枠等へ適用範囲を拡大



出来形数量確認には点群の他TS等ノンプリ断面計測も可とする

○ 従来規格値及び測定項目を使用

④ 検査の効率化
TS等を用いた出来形管理により検査を効率化。



発注者

OK

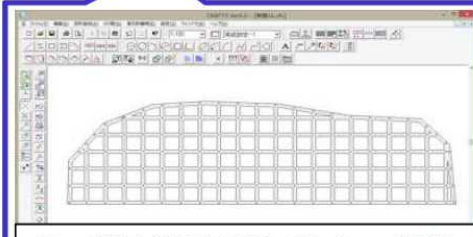
⑤ 維持管理の初期値データへ



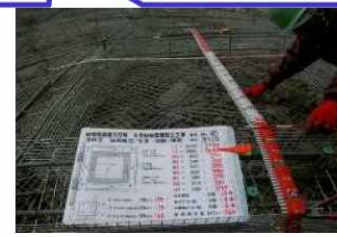
技術、ソフトウェアの確立により取得データを点検等の初期値として利活用



斜面上の測量作業



起工測量（現地形）に基づいて設計成果を修正、枠割付等、配置見直し



斜面上の出来形計測



高所斜面上の臨場検査

撮影対象法面、撮影条件

対象:トンネル坑口法面

仕様: 枠断面300×300mm、枠間隔2000mm
ロックボルト併用、傾斜約65度、
高さ約80m、面積約2300m²

撮影(空撮写真)

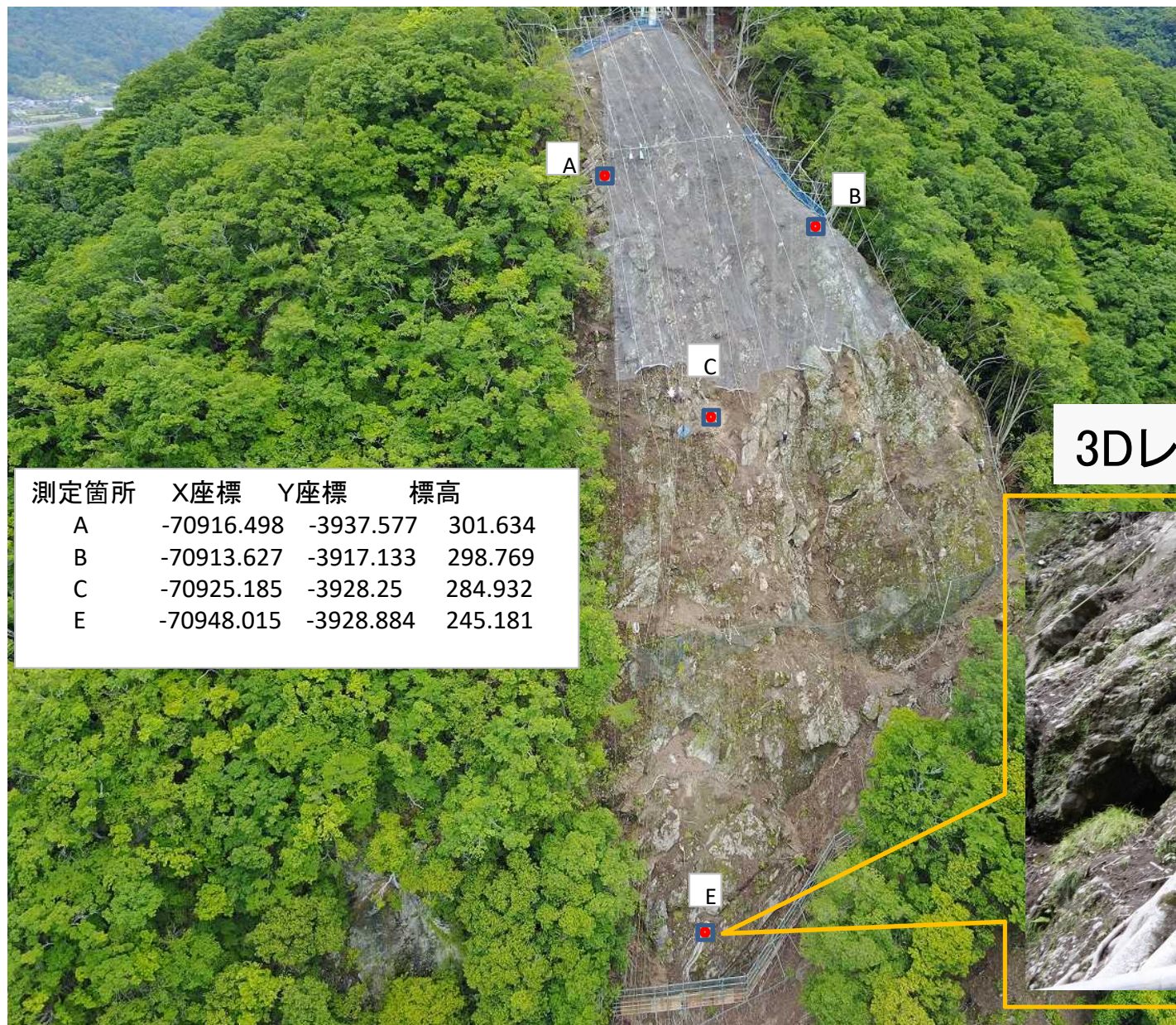
- UAV : Mavic Pro (DJI社)
- カメラ: 横 × 縦 : 4000 × 3000画素
画像オーバーラップ率 80%以上
画像サイドラップ率 60%以上
高度20～100m
撮影距離(法面に垂直) 15m～30m

3次元化

- Pix4DMapper (Pix4D社)



撮影前準備 標定点設置



測定箇所	X座標	Y座標	標高
A	-70916.498	-3937.577	301.634
B	-70913.627	-3917.133	298.769
C	-70925.185	-3928.25	284.932
E	-70948.015	-3928.884	245.181

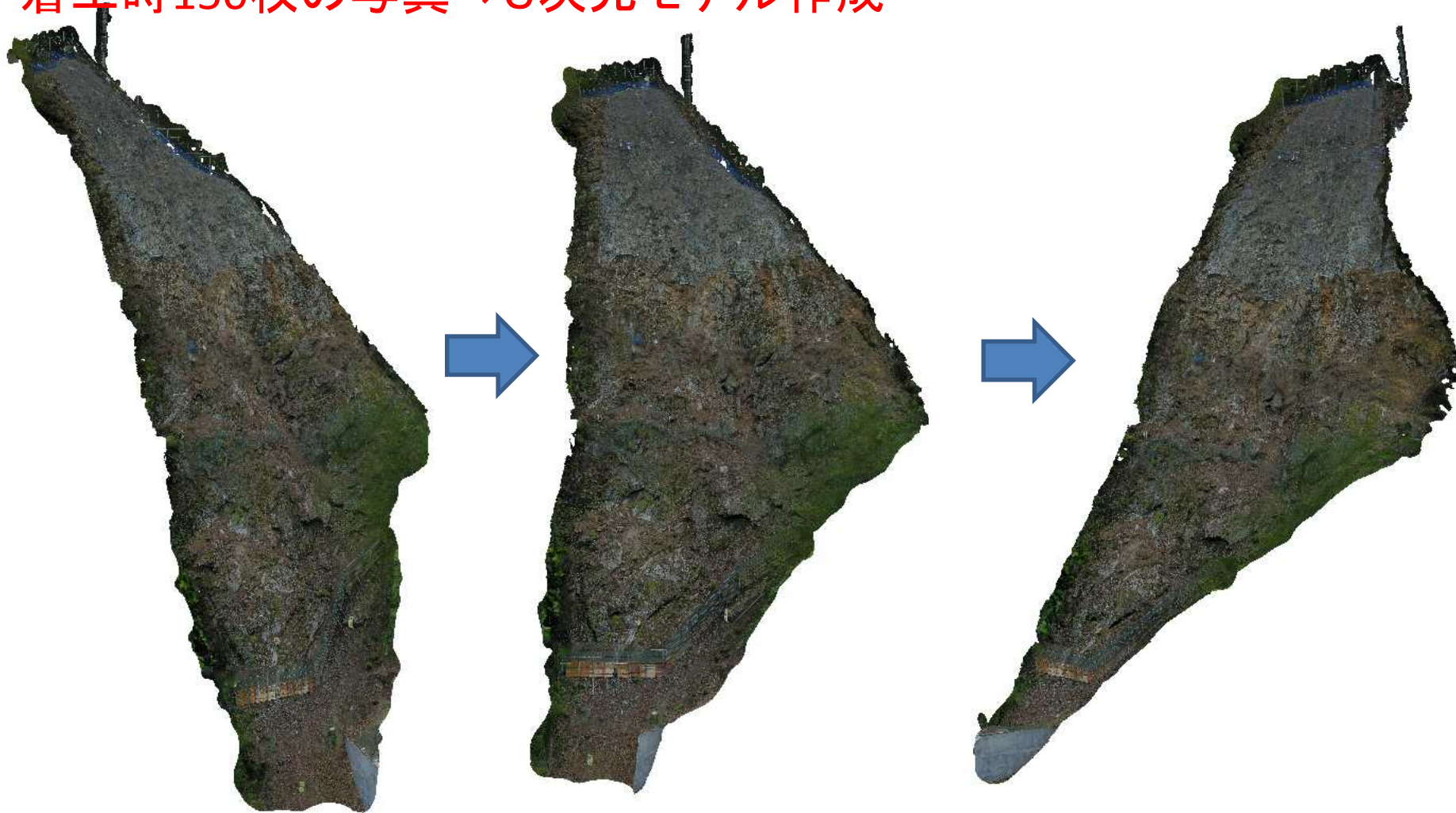
3Dレフシートを設置



1. 俯瞰する

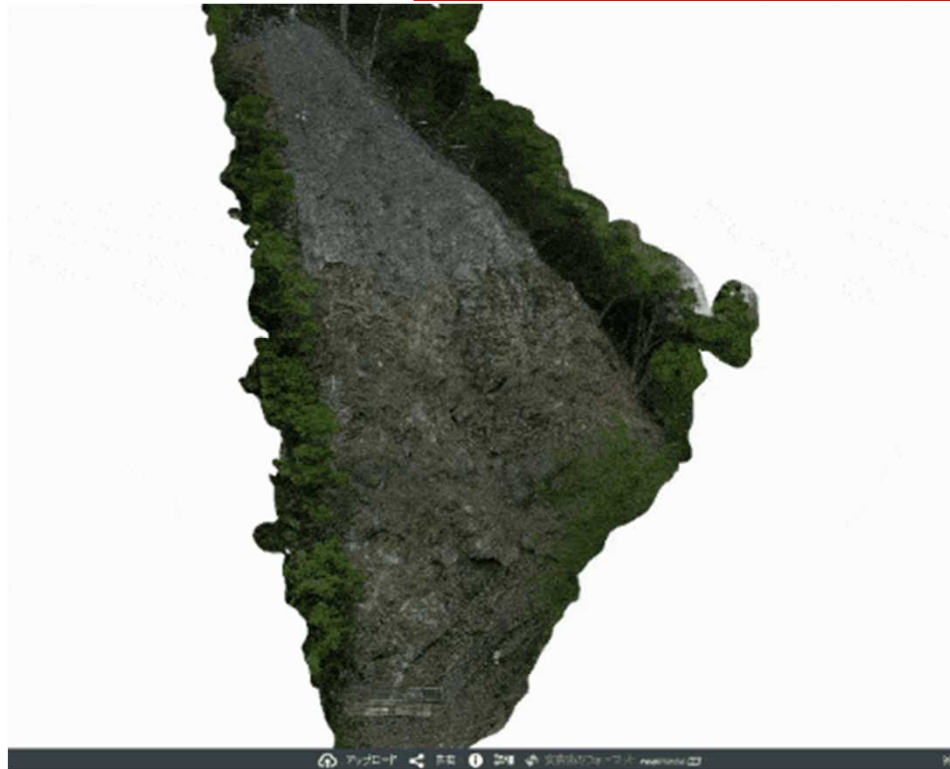
法面全体：回転して任意の方向から現況を確認

着工時150枚の写真⇒3次元モデル作成



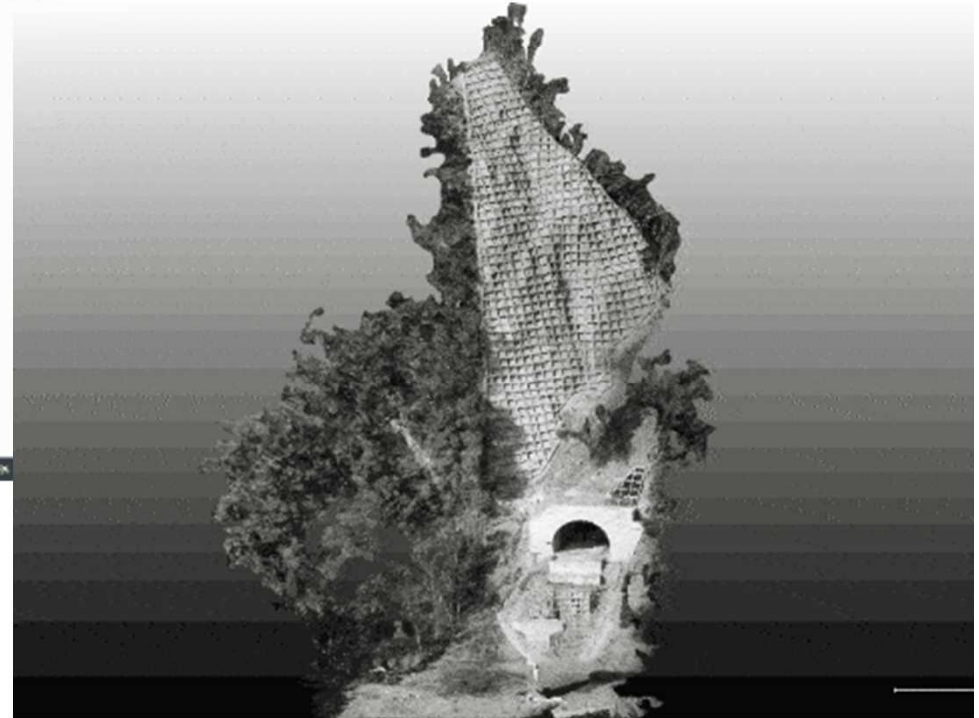
1. 3次元モデルを俯瞰する

回転させて任意の方向から現況を確認



←施工前

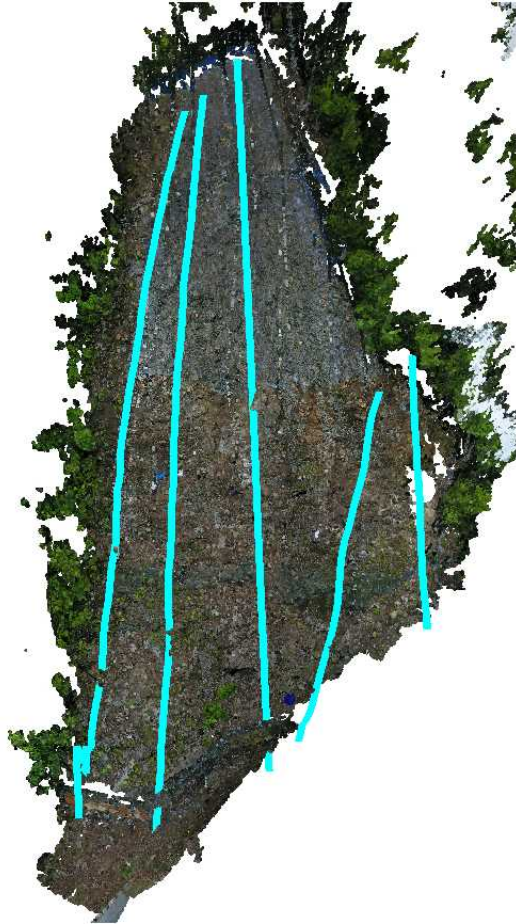
↓施工後



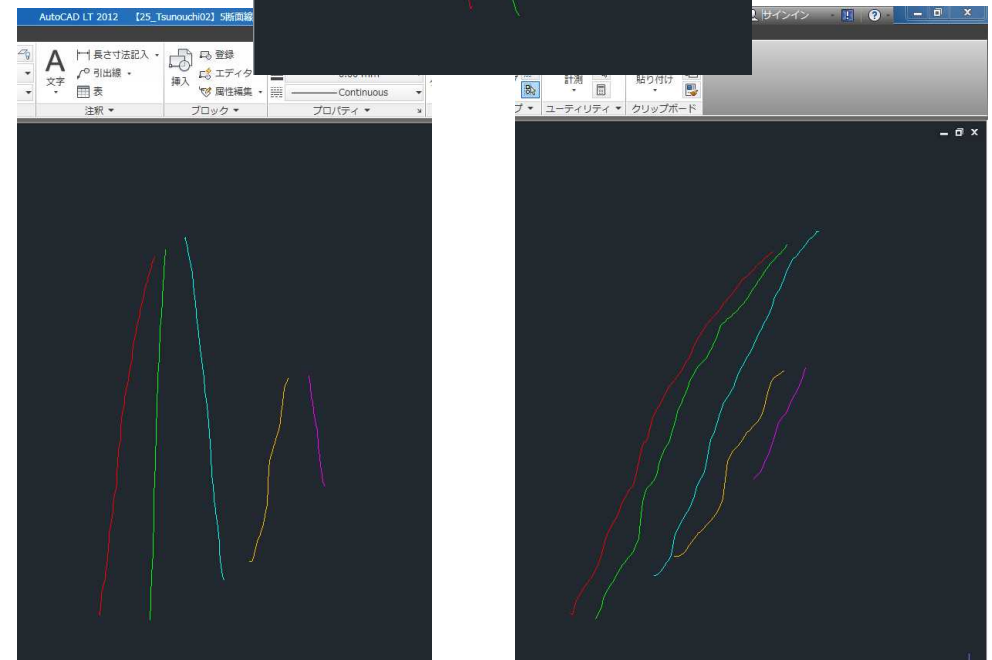
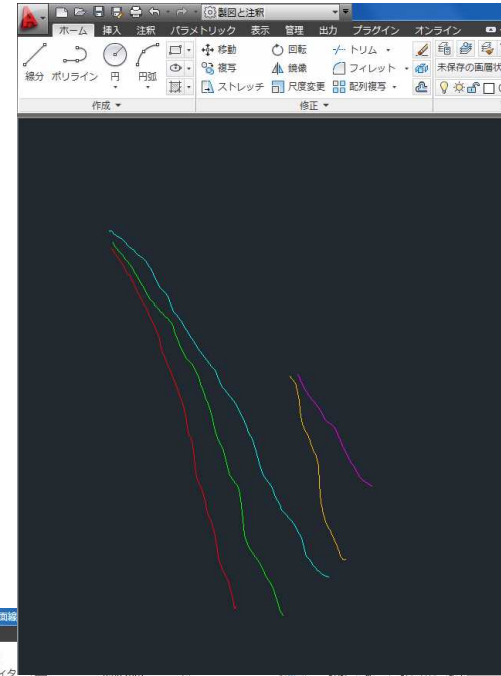
着工時 150枚の写真⇒3次元モデル作成

出来上がりの寸法を測ったり
断面図を作成！
→業務の効率化

2. 任意の断面線⇒断面図の作成)

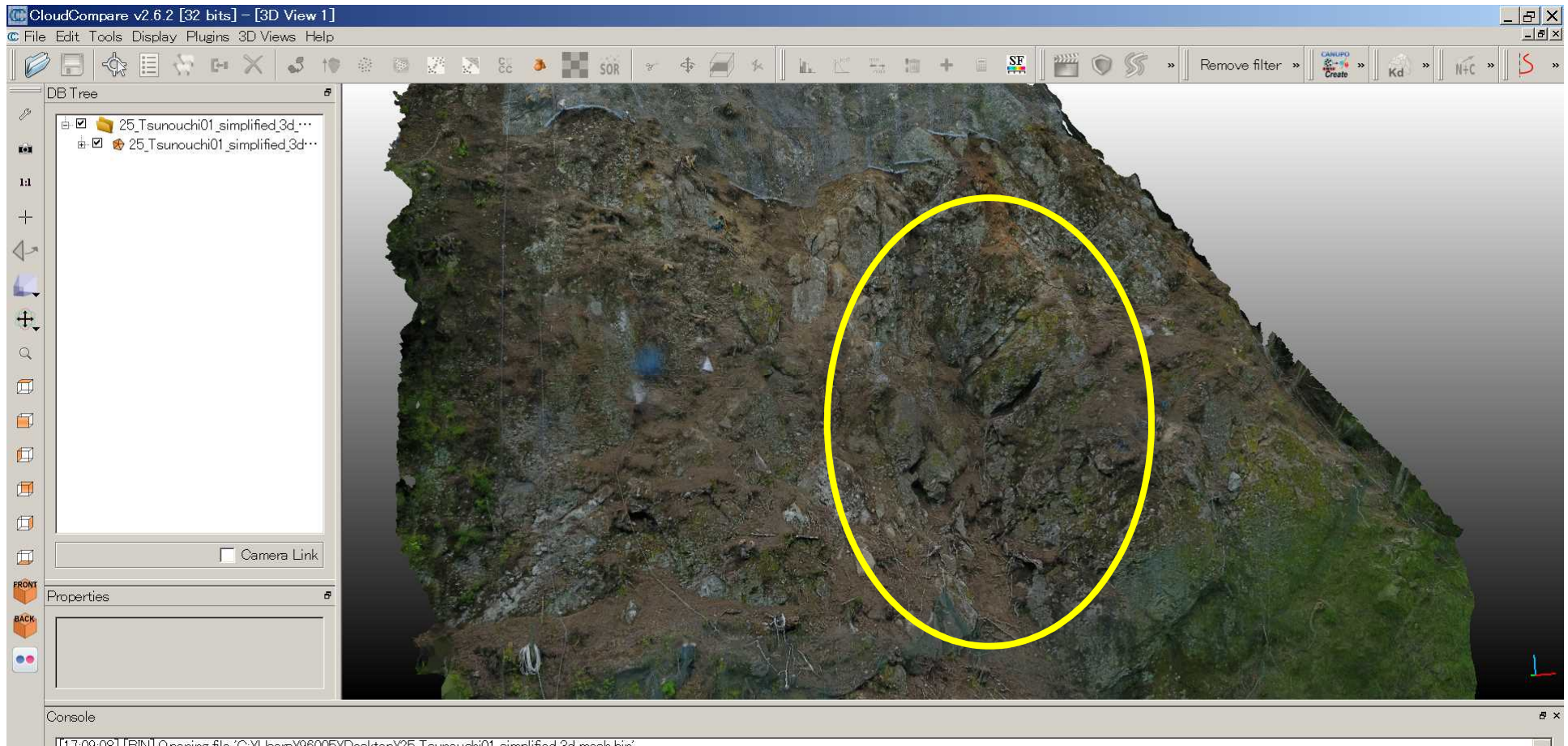


AutoCAD LT
への出力



3. 拡大する

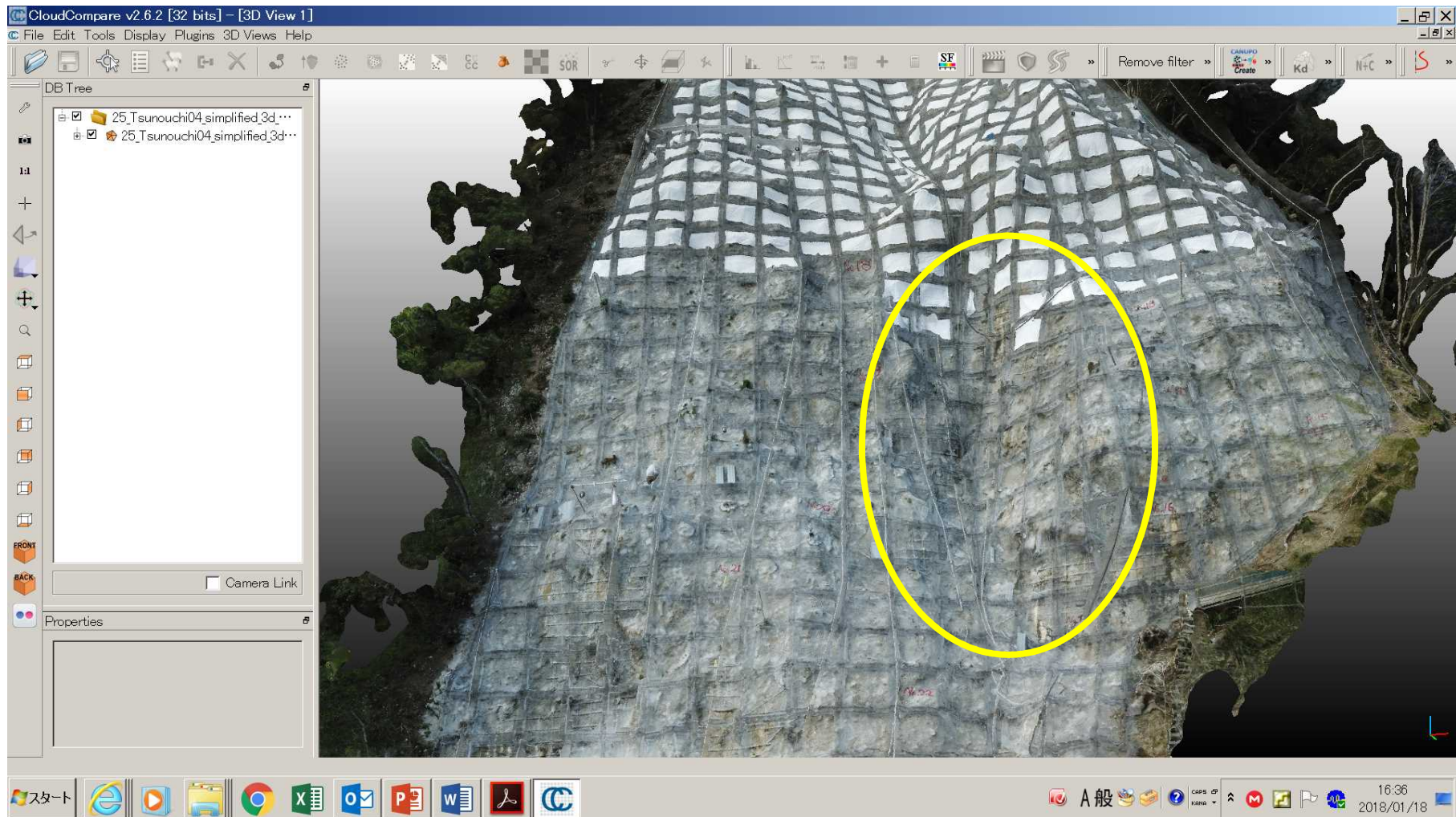
必要な箇所を拡大して地山状態を確認



現場状況に応じた変更協議資料への活用
亀裂の多い岩盤⇒注入＋根固めモルタル 等 → 現況把握の共有による協議の迅速化

3. 拡大する

必要な箇所を拡大して施工状態を確認



亀裂の多い岩盤⇒注入＋根固めモルタル施工後の状況確認

4. 施工中（施工管理への活用）

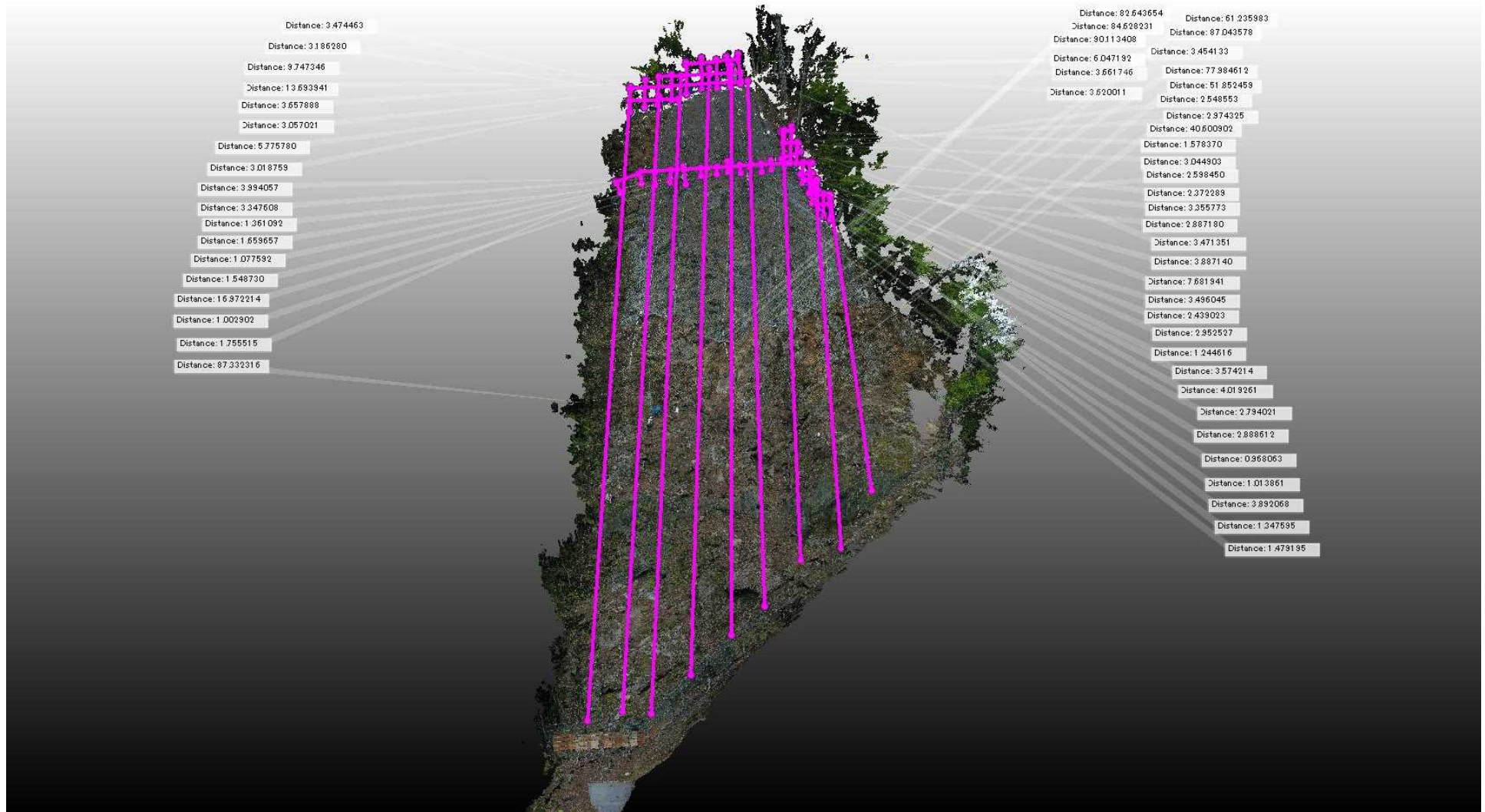
着手時全景写真

定点写真を進捗に応じ撮影



4. 施工中（安全管理への活用）

3次元モデル上で親綱、単管柵（擦れ止め）の必要数量を計測



4. 施工中（施工管理への活用）

法枠組立完了写真

定点写真を進捗に応じ撮影



4. 施工中（施工管理への活用）

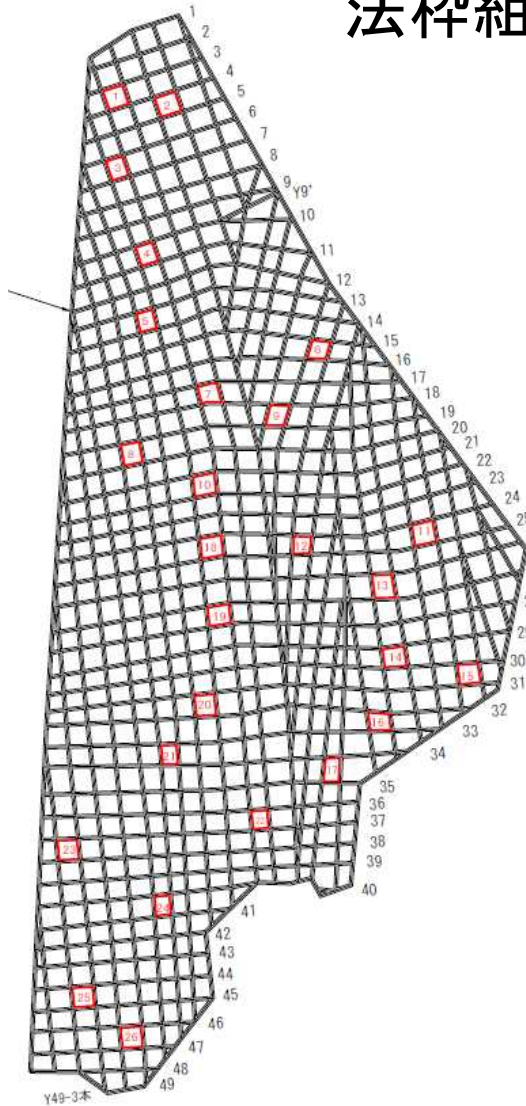
法枠組立完了時の撮影



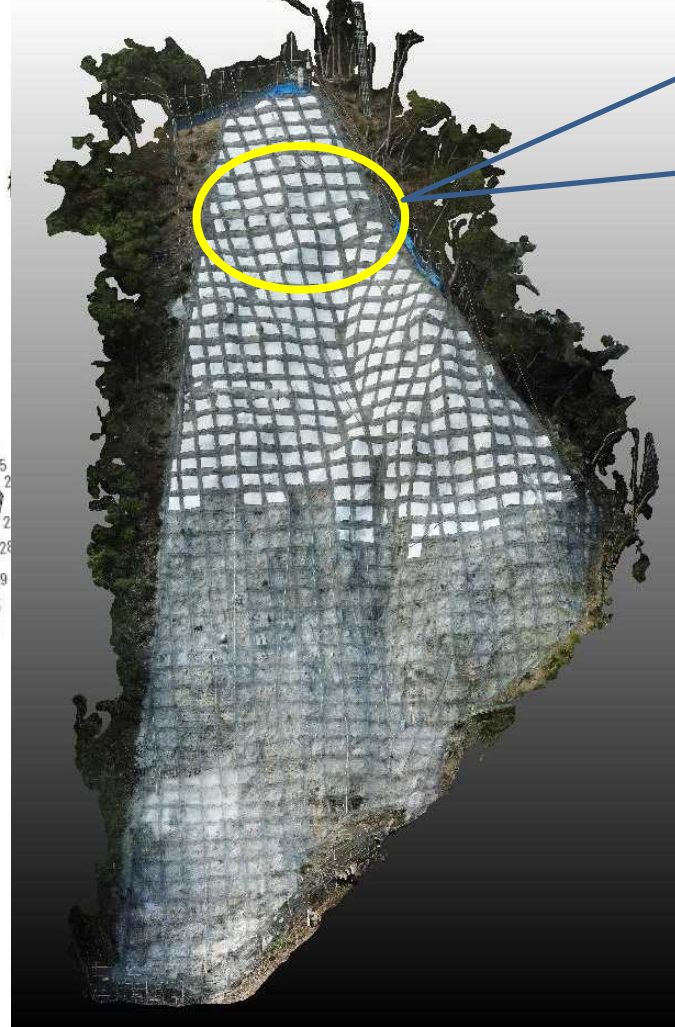
下部からの目視では
端部や調整梁の交点
の状況が不明瞭

空撮写真、3次元モデル
との照合により法枠
展開図を作成

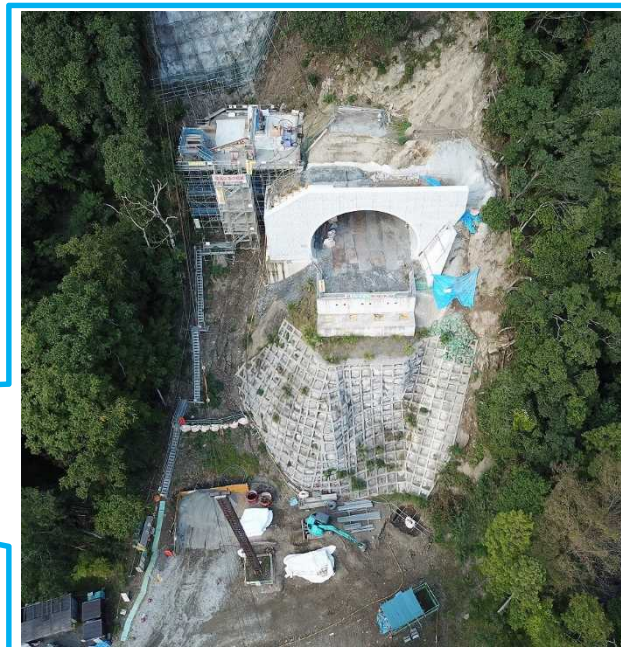
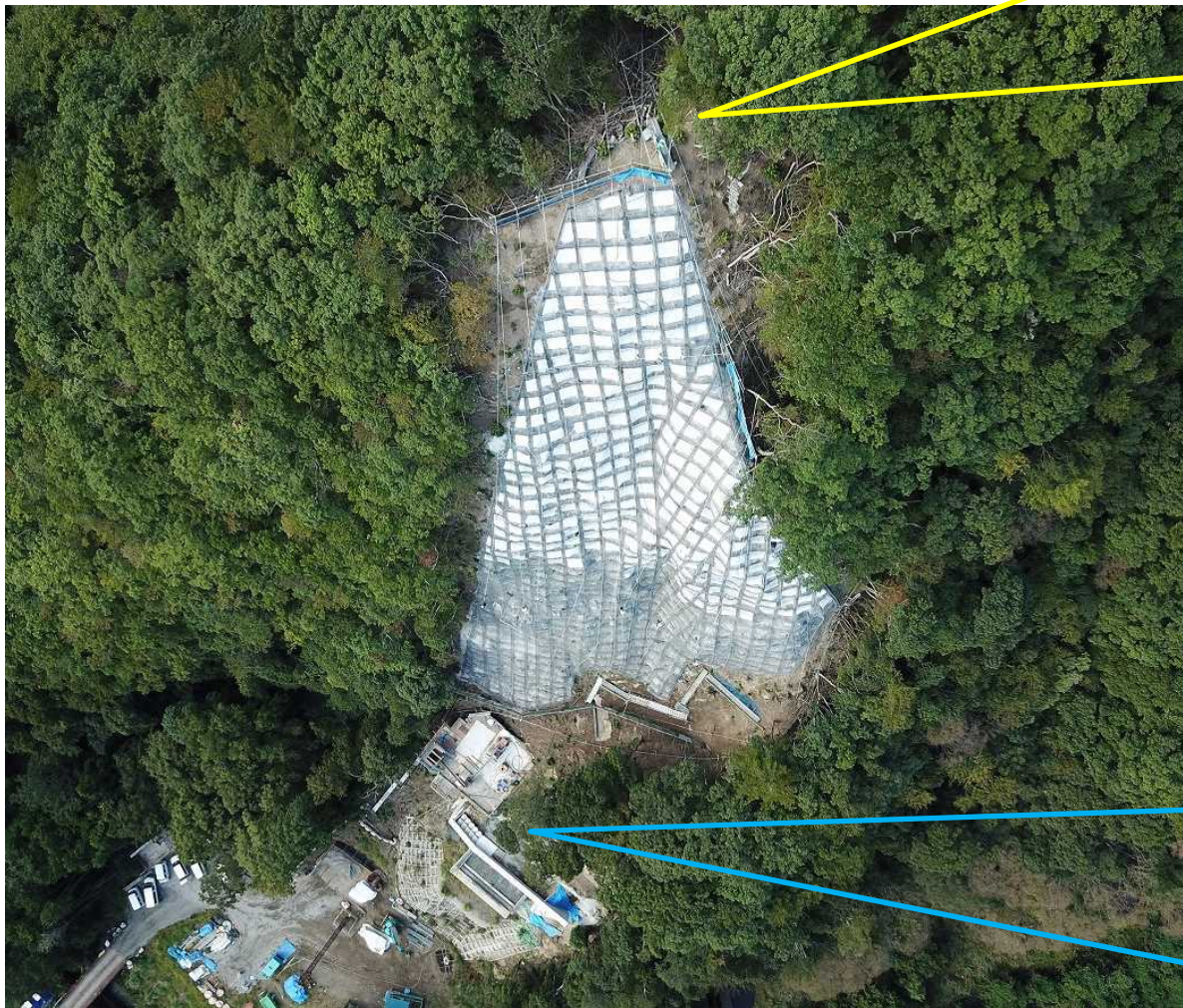
交点のロックボルト配置
数量の確定に活用



法枠組立完了鳥瞰図(obj.データ)



4. 施工中（仮設工の設置確認）



仮設備（モノレール、索道、足場等）の全景写真に活用

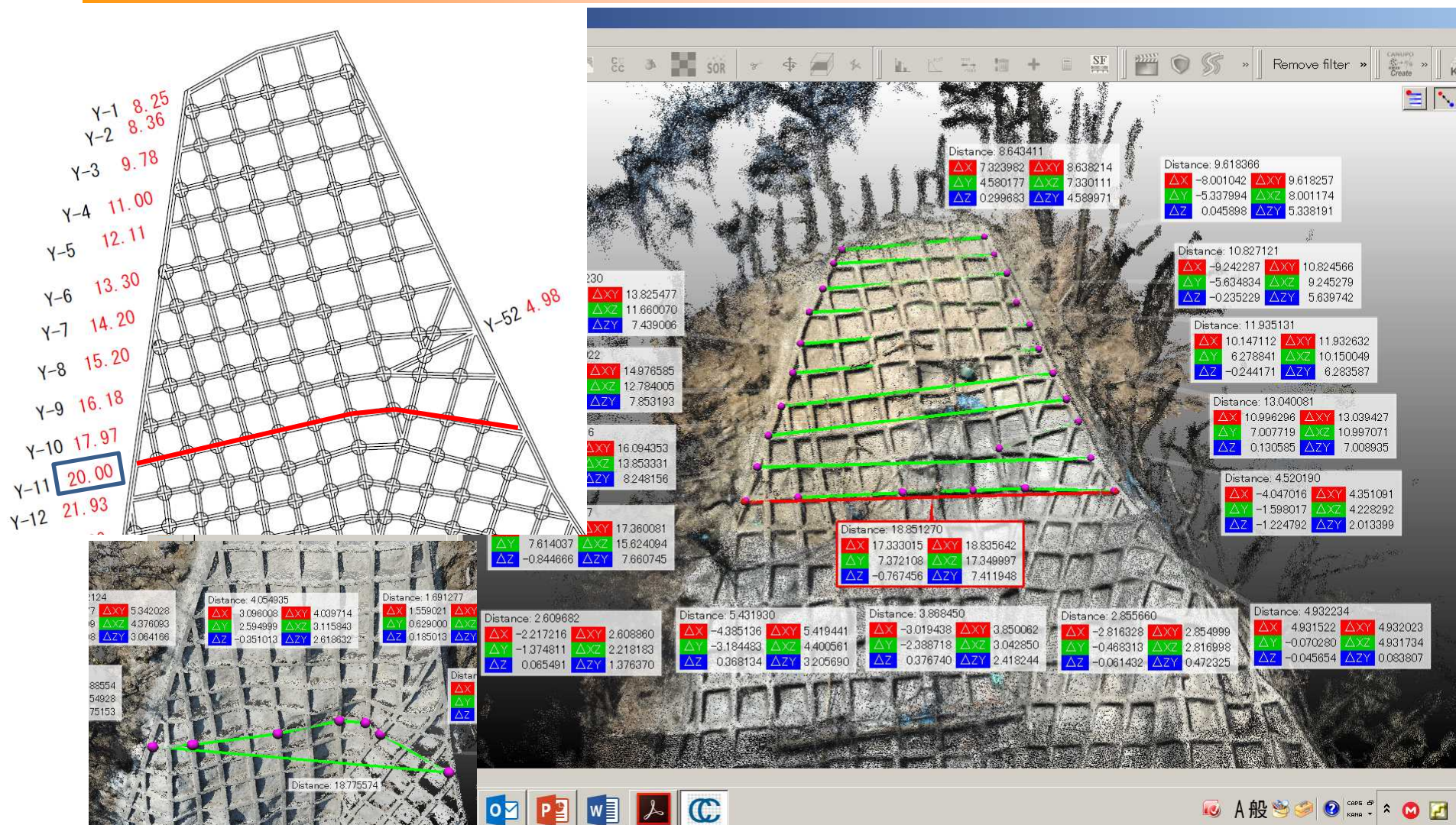
5. 3次元モデル（出来形測定確認への活用）

従来の出来形測定

- 親綱、安全帯を使用して2名（撮影者、手元）で作業



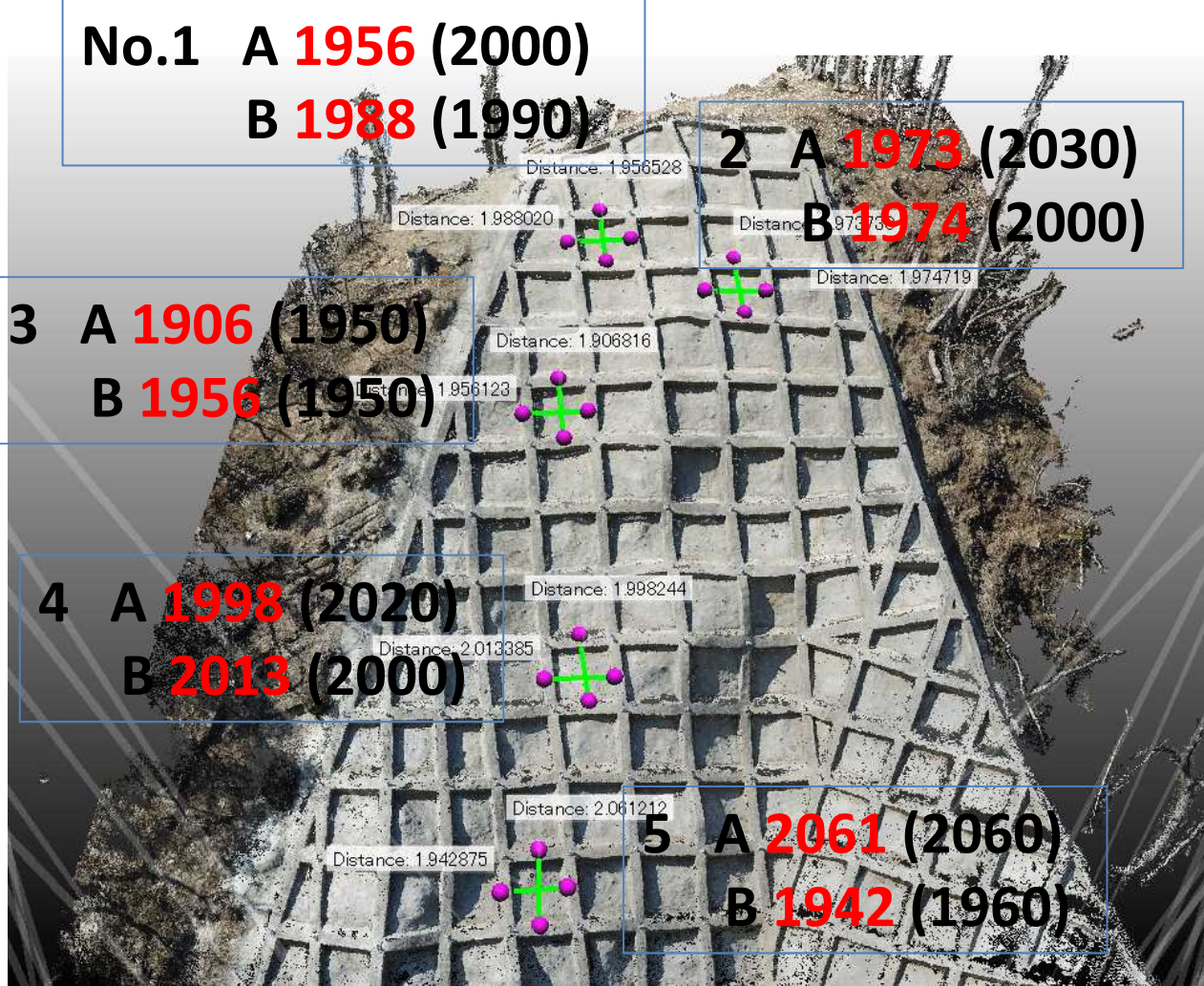
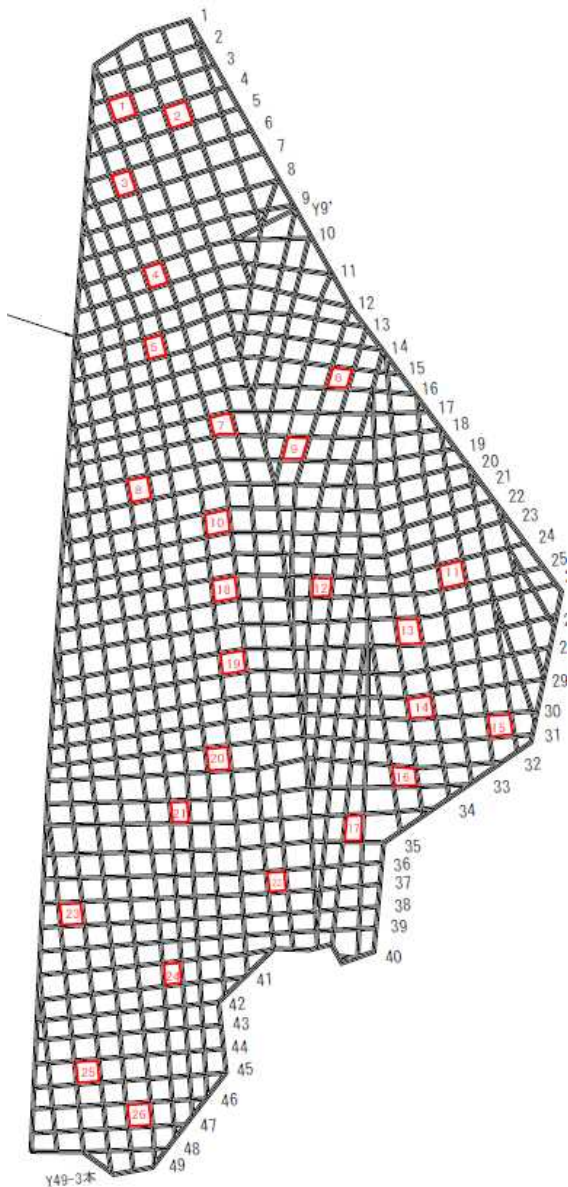
5. 3次元モデル（出来形測定確認への活用）



起伏のある法面 横梁Y-11 現場実測値 20.0mに対し
画像計測値 1回で計測18.85m⇒5分割による合計19.72m

5. 3次元モデル（出来形測定確認への活用）

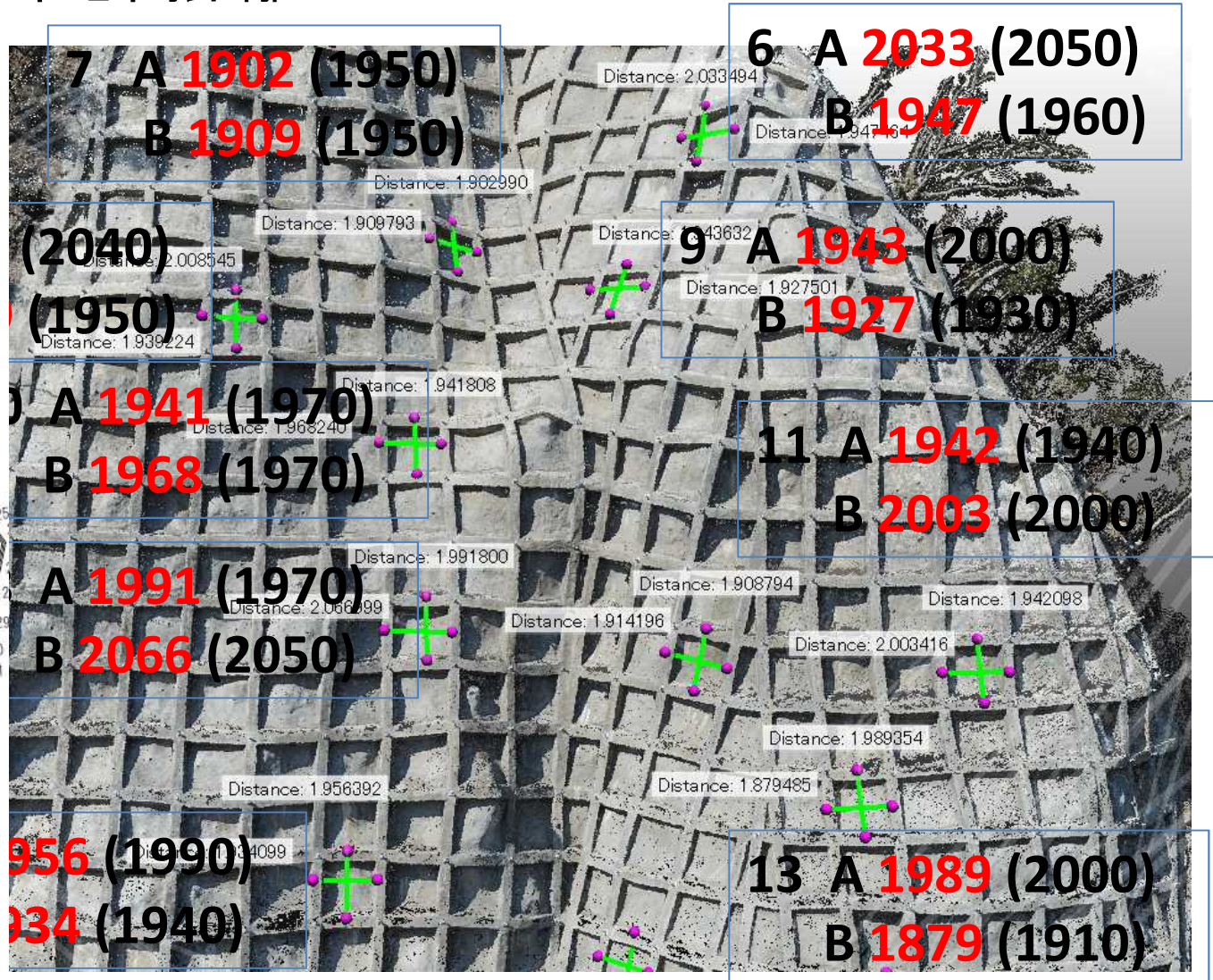
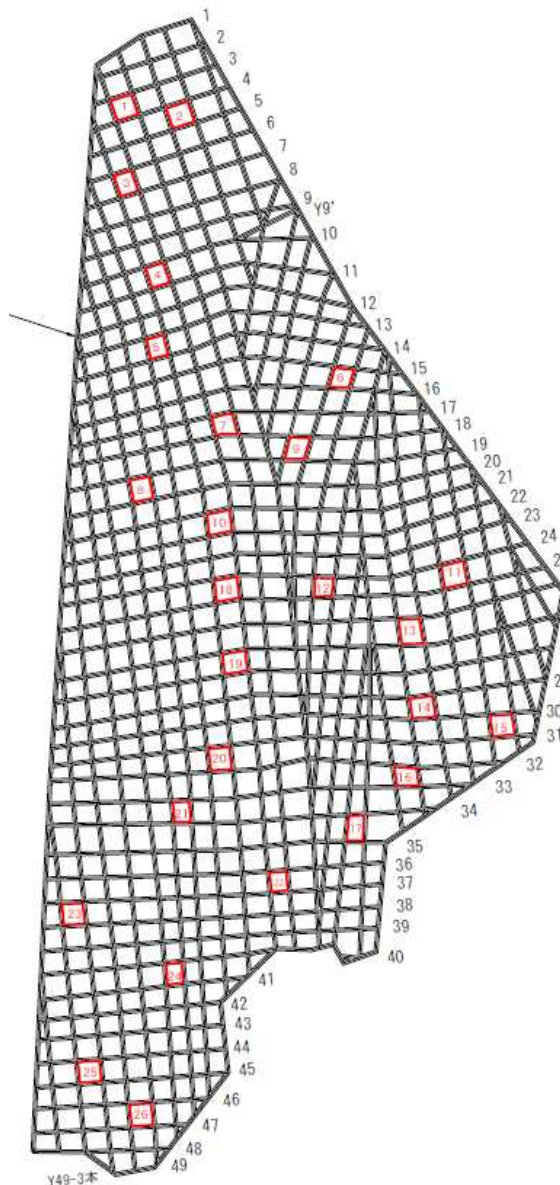
出来形管理 梁の中心間距離



数值 赤: 画像計測値、(数值 黒) 現場実測値

5. 3次元モデル（出来形測定確認への活用）

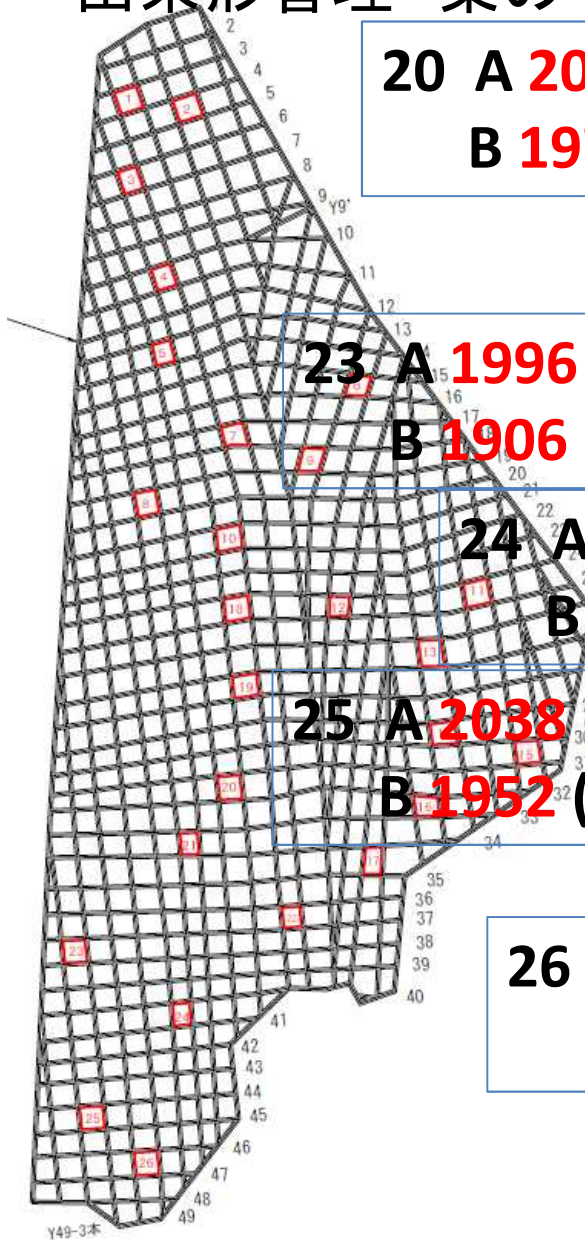
出来形管理 梁の中心間距離



数値 赤:画像計測値、(数値 黒)現場実測値

5. 3次元モデル（出来形測定確認への活用）

出来形管理 梁の中心間距離



20 A **2012** (2030)
B **1979** (1960)

12 A **1943** (1920)
B **1934** (1950)

14 A **1994** (2000)
B **1871** (1920)

23 A **1996** (2000)
B **1906** (1920)

22 A **1925** (1920)
B **1925** (1910)

15 A **1982** (2000)
B **1942** (2000)

24 A **1951** (1990)
B **1965** (1960)

16 A **1916** (1930)
B **1933** (1950)

25 A **2038** (2040)
B **1952** (1950)

17 A **1956** (1940)
B **1920** (1930)

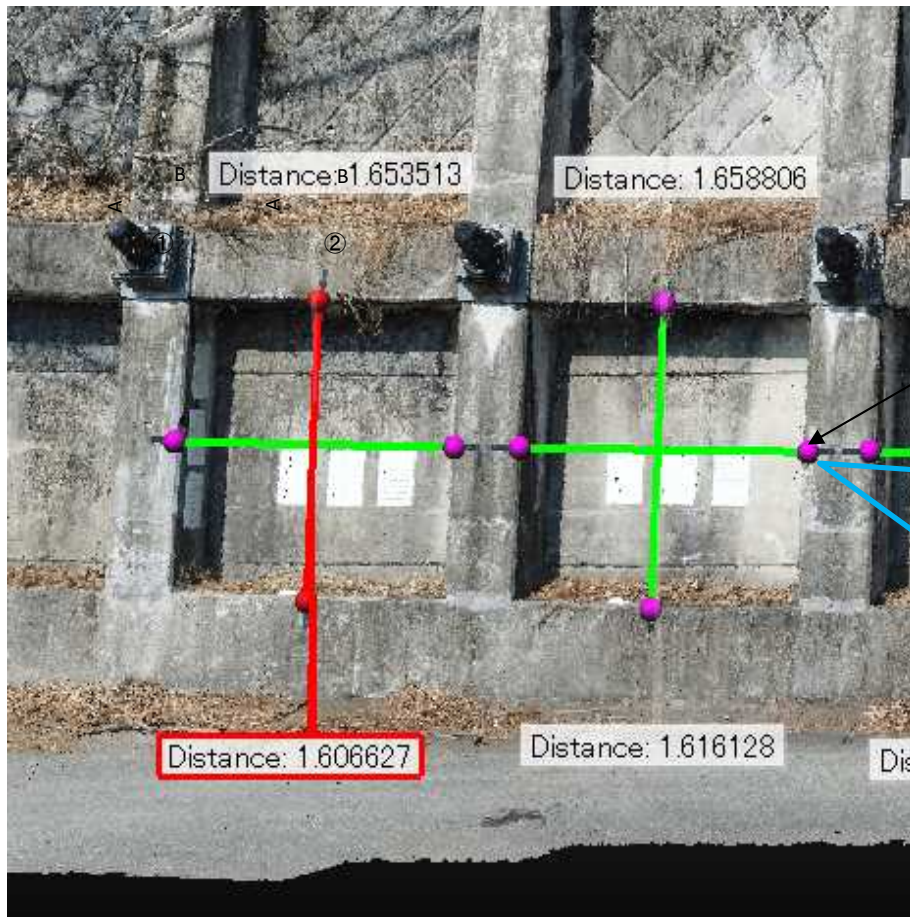
26 A **1943** (1920)
B **1989** (2000)

現場計測値の平均は
1972.9mmで3次元モデル
計測値との絶対値平均は
19.6mm(誤差0.99%)

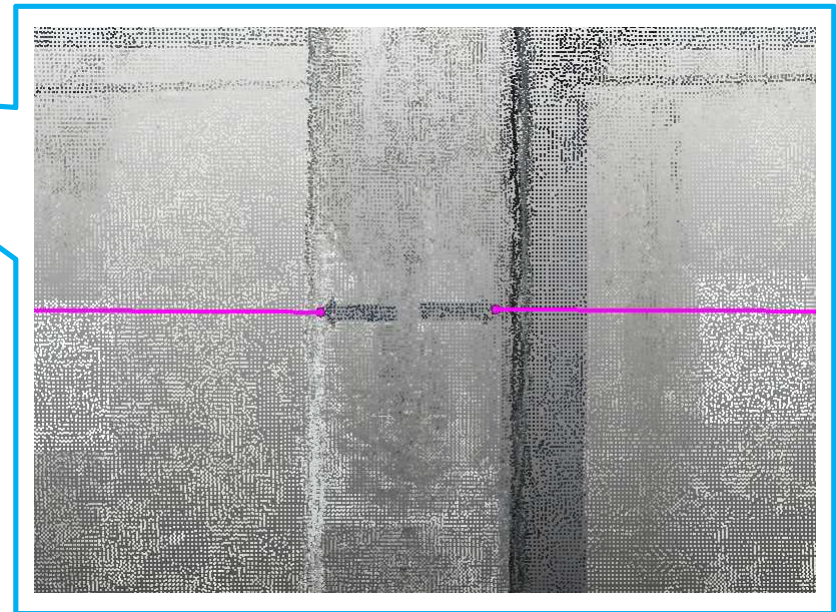
数値 赤: 画像計測値、(数値 黒)現場実測値

5. 3次元モデル（出来形測定確認への活用）

- 測定位置の点群データをピンポイントで指定するにはマーキングが有効

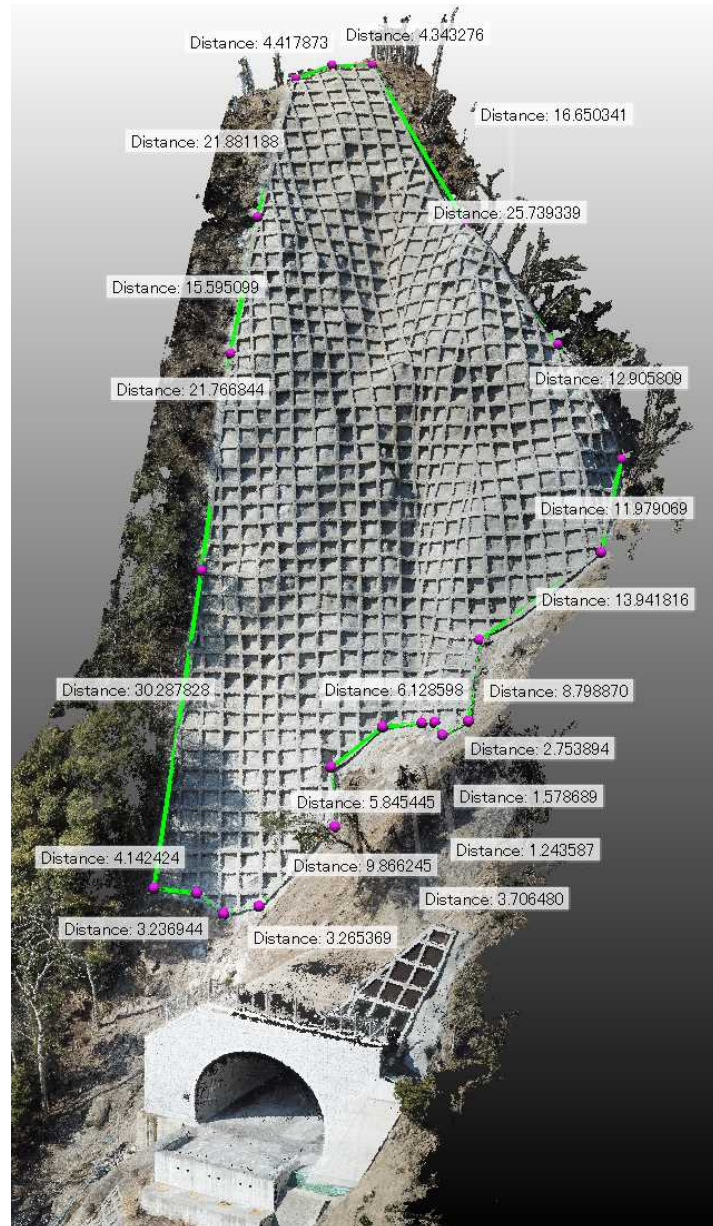


矢印をマーキング



5. 3次元モデル（出来形測定確認への活用）

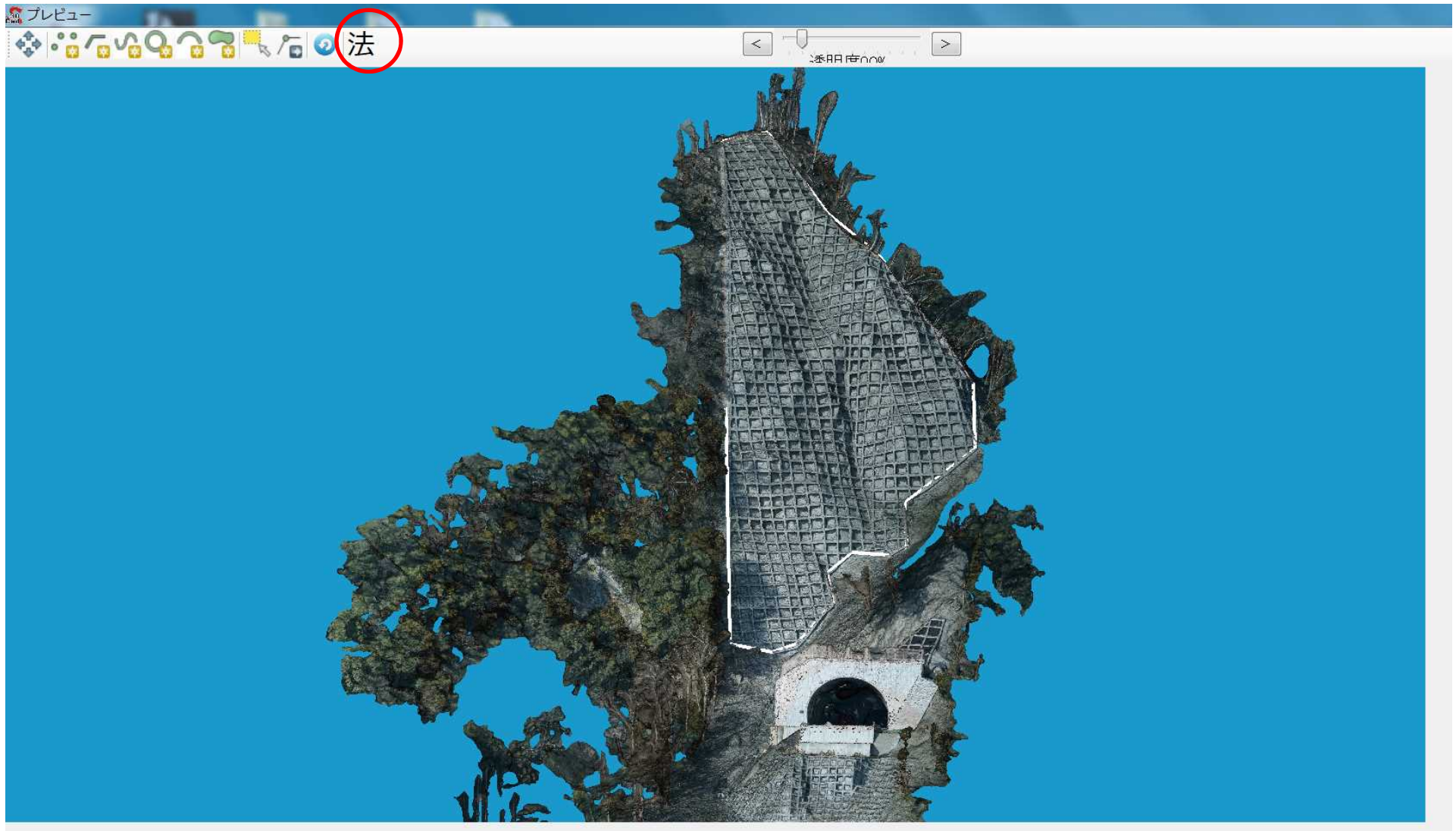
梁の外周



3次元モデルでの計測値の合計は229.95mで現場計測値231.8mに対し-1.85m（誤差0.79%）

6. 施工面積計測 3D CAD

- ・法面の外周を面選択⇒法面展開図作成



6. 施工面積計測 3D Cad

- ・法面展開図作成⇒DXFデータ出力、ヘロン求積表のCSV出力

The screenshot displays a CAD application window with a 3D model of a structure on the left and its unfolded surface area diagram on the right. The diagram is labeled "吹付法枠工面積展開図" (Blow-off method frame work area unfolded diagram). The unfolded diagram shows several numbered polygons (10, 11, 12) with their respective side lengths. A table below the diagram provides the area calculations for each polygon using Heron's formula.

no	a	b	c	面積
1	3.31	3.22	6	3.91
2	6	7.86	11.91	21.46
3	11.91	7.01	16.62	35.8
4	16.62	20.26	4.67	25.81
5	20.26	61.44	76.89	4641.3
6	76.89	22.86	89.98	775.02
7	22.86	21.22	8.42	89.34
8	61.44	5.88	56.88	109.67
9	56.88	50.01	3.76	184.11
10	50.01	12.77	40.18	131.94
11	40.18	26.07	22.87	279.77
12	26.07	13.71	15.61	87.38
13	12.77	4.97	9.57	20.79
14	4.97	3.62	3.23	1.67
15	3.62	1.85	2.79	2.04
16	7.01	1.87	5.63	4.44
合計				2282.42

現場で細かく展開した面積
2,380㎡に対し
3次元モデル画面上で外枠を囲んだ面積は2,292㎡(差 -3.7%)

まとめ

法面構造物の施工管理において、UAVによる撮影画像と3次元データの活用は長大法面等では特に有効。

(適用性)

着手時の概略数量(面積等)の計測、3次元モデルを使った現場状況確認、図面、資料作製や、日常的な工事の管理にも適用できる。

(課題)

点群をピンポイントに計測すること、厚さ方向(法面に直角)の計測は難しい。今後、ICT活用工事での出来形数量の成果品には管理基準の整備、法面工専用の出来形帳票ソフトが必要。

⇒法面工事にも調査、設計、施工、完成検査、維持管理(CIM)において3次元データの活用の方は今後増えていくと考えられるので精度確保のための標定点設置や計測の工夫が必要