令和4年2月8日
有限会社イング

FLEX自動測量システム

1. 概要

自動追尾式トータルステーションによりシールドマシンの掘進位置と姿勢をリアルタイムに計測する自動測量システムです。シールドマシンの測点側にスライドターゲットを採用し、移動した2点のプリズムの測量により方向角（姿勢角）を計測します。またジャイロと水レベルを併用してプリズムの視準が困難な曲線区間の計測が可能です。（ジャイロの誤差をデータ管理し、適用時の測量精度を確保します）

FLEXシステムとの連動では、シールドマシンの軌道修正量を指令し、掘進位置の自動制御を可能にします。

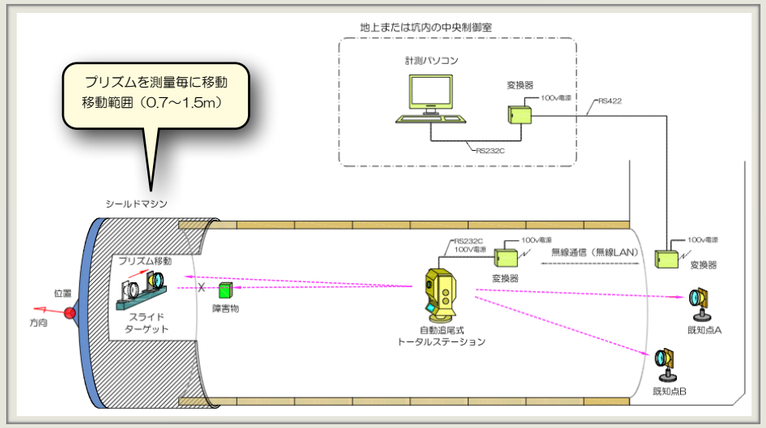


図-1 機器構成

2. 仕様

1) 計測画面

図-2に計測画面を示します。

- 計画線に対する偏差、偏角、トータルステーションの計測情報をリアルタイム（約7秒毎）に表示します。
- 偏差のトレンドグラフによりシールド機の掘進方向の良否を速やかに判断することができます。
- 平面図と縦断図により線形の変化点や重要構造物との位置関係を表示し、曲線部の進入退出の管理および安全な近接施工を支援します。
- カメラ付きトータルステーションにより目視による遠隔操作ができます。
- PCやスマホから計測情報を確認したり、登録したメールアドレスに警報を通知する機能があります。

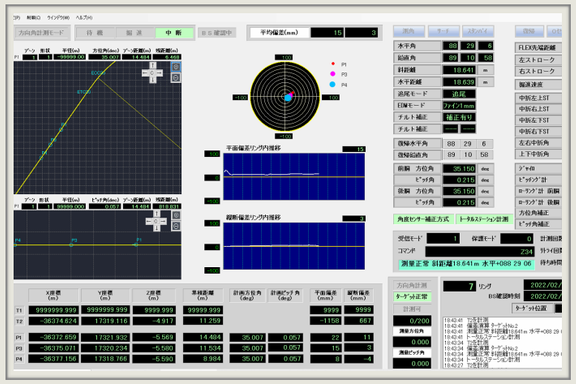


図-2 測量管理画面

2) 設定および操作

図-3に設定、操作画面を示します。

- 初期設定、方向角計測の設定、表示の設定
- ターゲットの設定、ダボの管理
- トータルステーション、スライドターゲットの制御
- 異常警報設定

線形管理システムとの併用により日々の測量管理、掘進組立計画を含めたシールド測量全般の管理ができます。

使用トータルステーション

型式：DS-203i（トプコン）
測角精度：3秒（最小表示1秒）
測距精度：1.5+2ppm×測定距離mm（精密測定）
自動追尾可能距離：1.3～1000m（プリズム2型）
最大追尾速度：15°/秒
カメラ画素数：2560×1920（デジタルズーム最大8倍）
仕様温度範囲：-20～50°C（結露しないこと）
機械高：196mm（整準台取付面より）
本体寸法：W212×D190×H372
重量：6.2kg

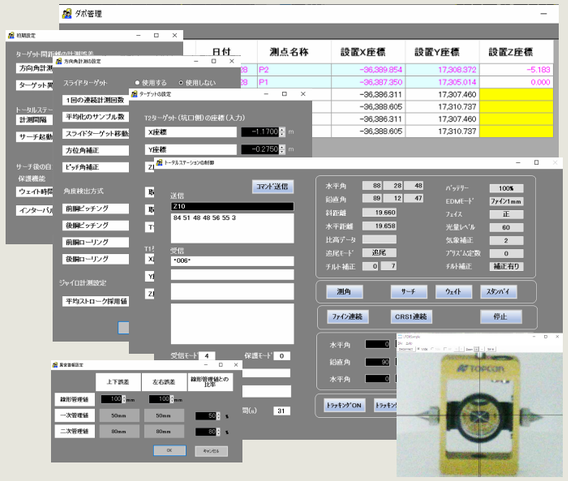


図-3 設定、操作画面

3) シールドマシンの測点

シールドマシンの測点にスライドターゲットを採用しました。高速で移動（最大1m/秒）する電動スライダーにプリズムを搭載し、2点を測量してシールドマシンの方向角（姿勢角）を計測します。進行方向に移動するためシールドマシンの掘進の影響を受けずに方向角を計測できます。また視準の方向が1点になるため比較的小口径のシールドにも適用可能です。

写真-1 動作状況

表-1 スライドターゲット仕様

プリズム移動範囲	700mm（1500mm）　2種類
移動速度	最大400mm/秒（最大1000mm/秒）
位置決め精度	±0.02mm以下
外形寸法	1030×58.5×57mm（700mm）
重量	約4kg（約15kg）

写真-2 φ3.64mの装備例

4. 実績

表-2 適用実績

No.	工事件名	発注者	施工者	時期	工法	外径(m)	延長(m)	半径(m)
1	東京湾横断道路川崎ﾄﾝﾈﾙ川人南その1.2工事	東京湾横断道路㈱	飛島・奥村・青木	1995/04～1996/06	泥水	14.14	1750	-
2	外郭放水路第3工区、第4工区ﾄﾝﾈﾙ新設工事	国土交通省関東地方整備局	鹿島･飛島・西松	1998/07～1999/11	泥水	12.04	2600	250
3	11号線扇橋B線工区土木工事	帝都高速度交通営団	飛島･西武･松村	2001/01～2001/07	泥土圧	6.9	1359	163
4	高速鉄道東西線建設工事石田北工区（西行、東行線）	京都市交通局	飛島・西松・森本･公成･ｹｲｺﾝ	2002/11～2003/05	泥土圧	5.84	1147×2	300
5	SJ33工区、SJ34工区（1）トンネル工事	首都高速道路公団	飛島・住友・日本国土開発	2004/05～2005/11	泥水	11.56	1520	260
6	１３号線千駄ヶ谷工区土木工事	東京地下鉄建設株式会社	飛島・フジタ・白石	2005/05～2005/11	泥土圧	9.98	912	250
7	大容量送水管（王子工区）整備工事	神戸市水道局	飛島・戸田・五洋	2005/05～2007/05	泥土圧	3.48	3464	60
8	篠原雨水幹線下水道築造工事	名古屋市上下水道局	飛島・五洋・日本国土	2006/03～2006/12	泥土圧	3.94	1899	15
9	中央環状品川線シールドトンネル（北行）工事	首都高速道路株式会社	鹿島・熊谷・五洋	2009/01～2012/03	泥土圧	12.55	8055	234
10	平成20年度　302号緑地共同溝工事	国土交通省中部地方整備局	飛島	2010/03～2011/11	泥土圧	6.1	926	200
11	下水道管渠築造工事	岡崎市上下水道局	飛島・朝日・大伸	2017/08～2021/09	泥土圧	3.17	587	30
12	北九州市庄和町雨水貯留管建設工事	日本下水道事業団	飛島・松山・宮本	2018/08～	泥土圧	3.64	1470	40
13	第二戸越幹線整備工事（上流部シールド）	品川区	飛島・大旺新洋・湊川	2018/12～	泥土圧	4.08	1745	30
14	導水管更新に伴うトンネル築造工事	北千葉広域水道企業団	飛島	2019/08～2025/03	泥水	3.3	4876	50
15	横浜環状南線公田笠間トンネル工事	東日本高速道路株式会社関東支社	鹿島・竹中土木・佐藤工業	2016/04～	泥土圧	15.28	3448	592
16	習志野市鷺沼放流幹線建設工事その2	日本下水道事業団	飛島・アイサワ	2021～	泥土圧	3.53	973	20

5. 性能

表-3 実績による性能評価

位置の計測精度	手測量との差異（±5～10mm/130m）
角度の計測精度	±0.15°（計測距離100m時、スライドターゲット700mm）
実用計測距離	180m

1. 設置状況

（１） トータルステーション

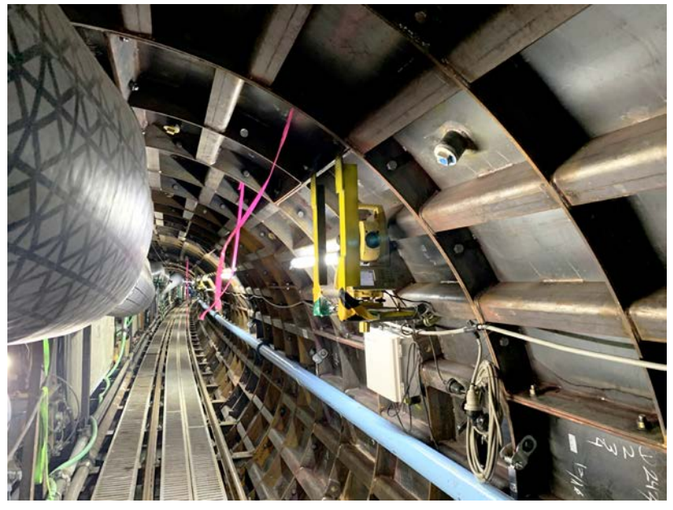
天端部（RC セグメント、内径φ6m）

側部（RC セグメント、内径 3.0m）

側部（RC セグメント、内径φ2.6m）

側部（RC セグメント、内径 11.5m）

天端部右（発進反力壁、内径 14.2m）



上半部（ST セグメント、内径φ2.9m）

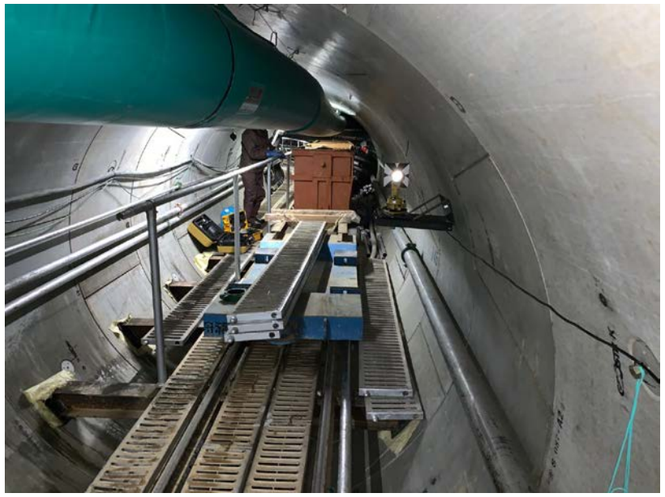
（２）バックサイト

側部（RC セグメント、内径 3.5m）

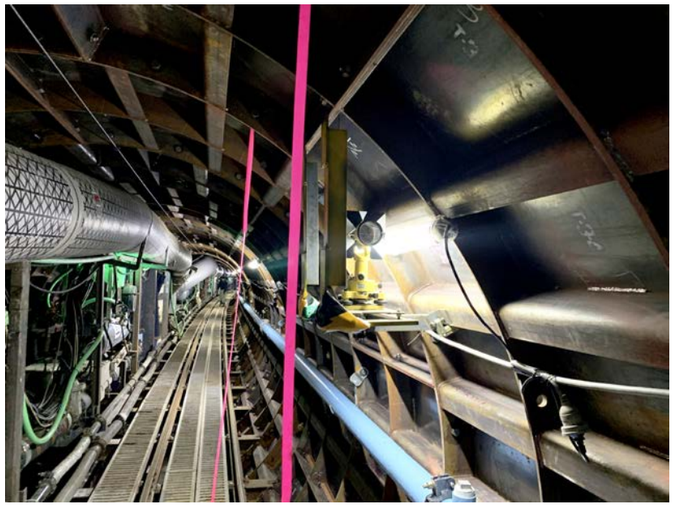
天端部（RC セグメント、内径φ6m）

天端部（RC セグメント、内径φ11.5m）

側部部（RC セグメント、内径φ3.5m）

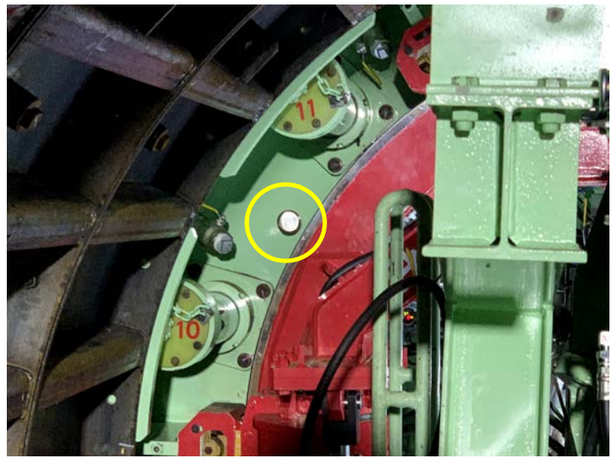


側部（RC セグメント、内径φ2.6m）

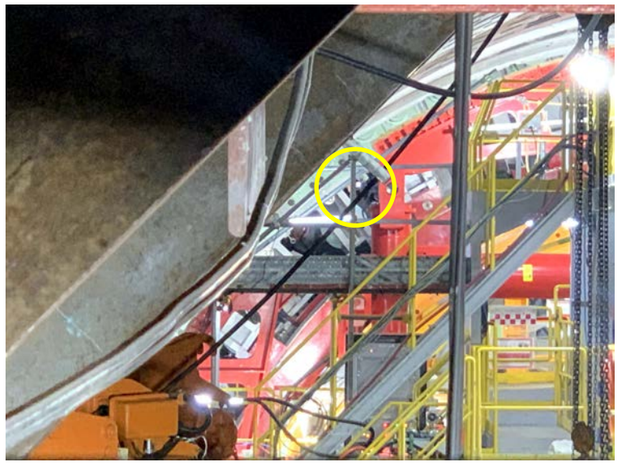


上半部（ST セグメント、内径φ2.9m）

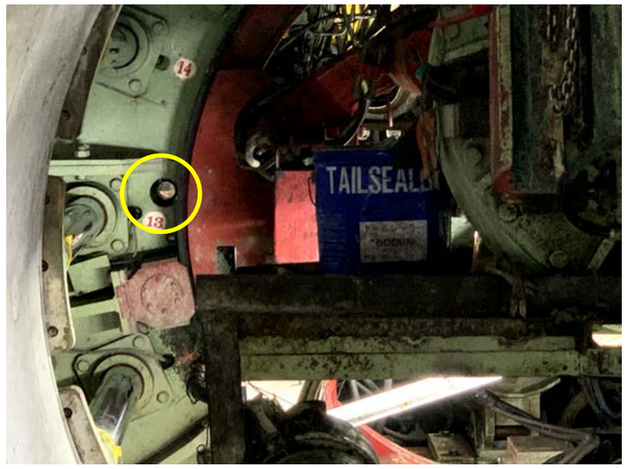
（３） 測点部



上半部（固定ターゲット、M 外径φ3.53m）



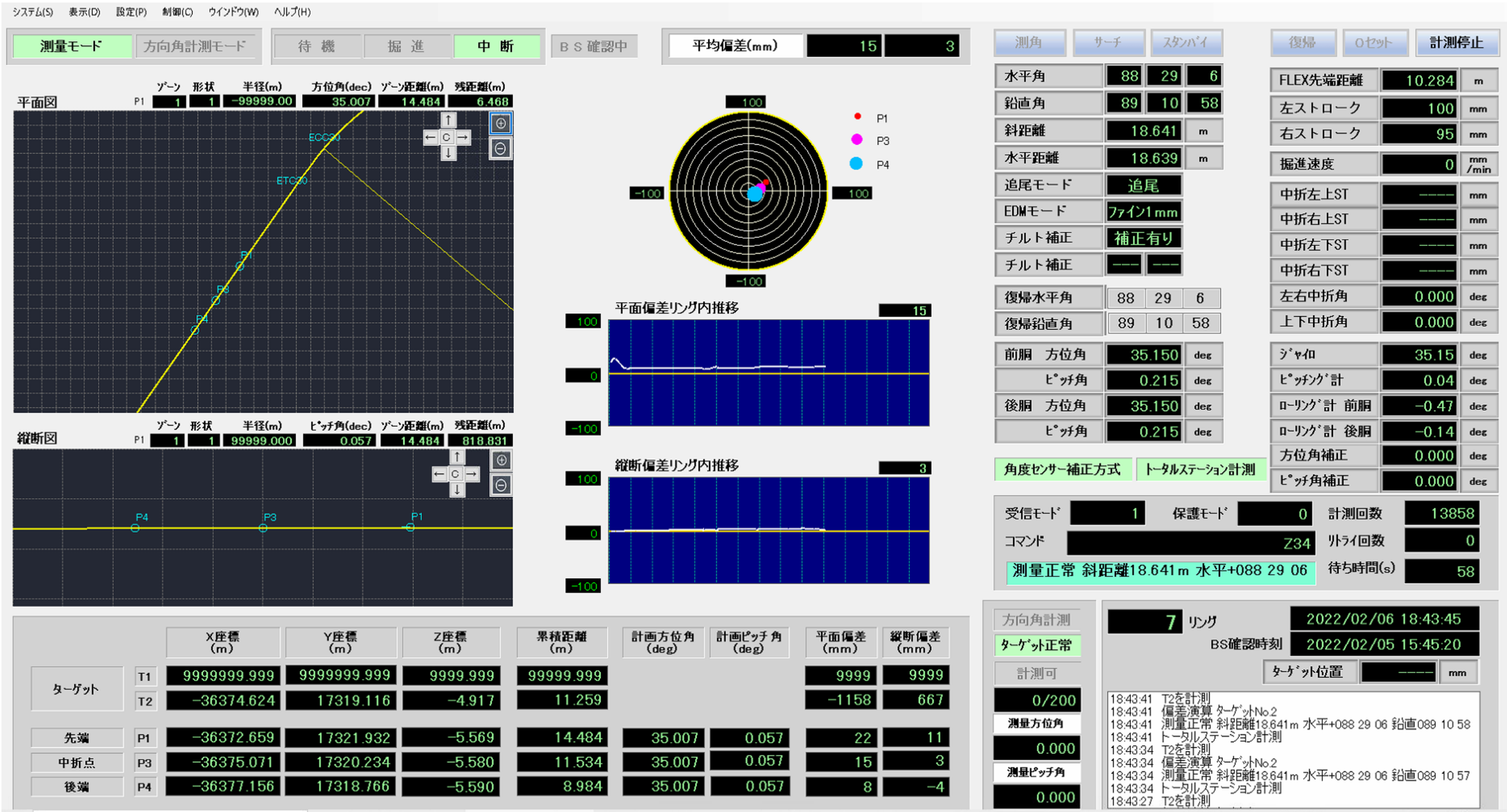
側部（スライドターゲット、M 外径φ15.28m）

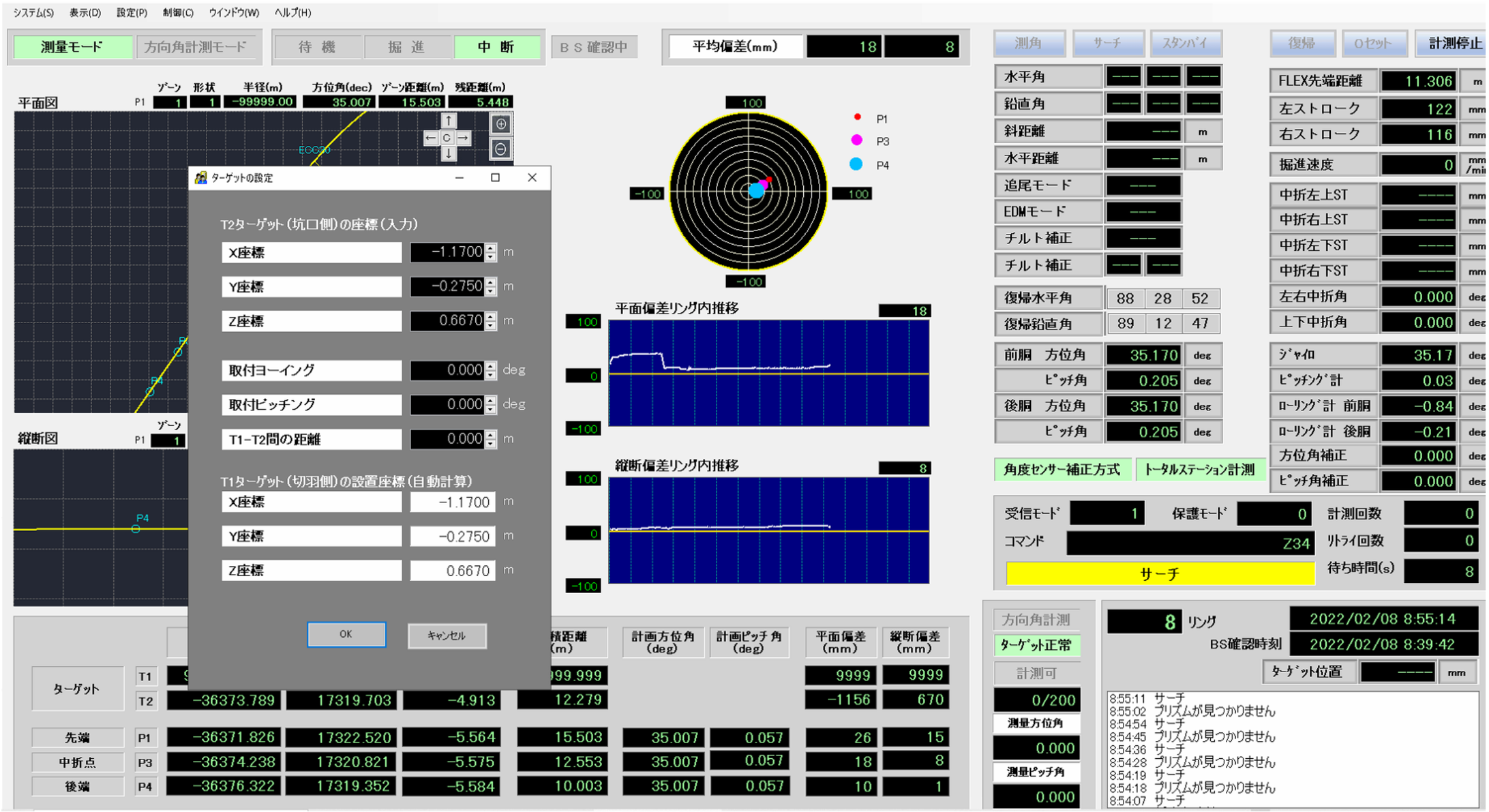


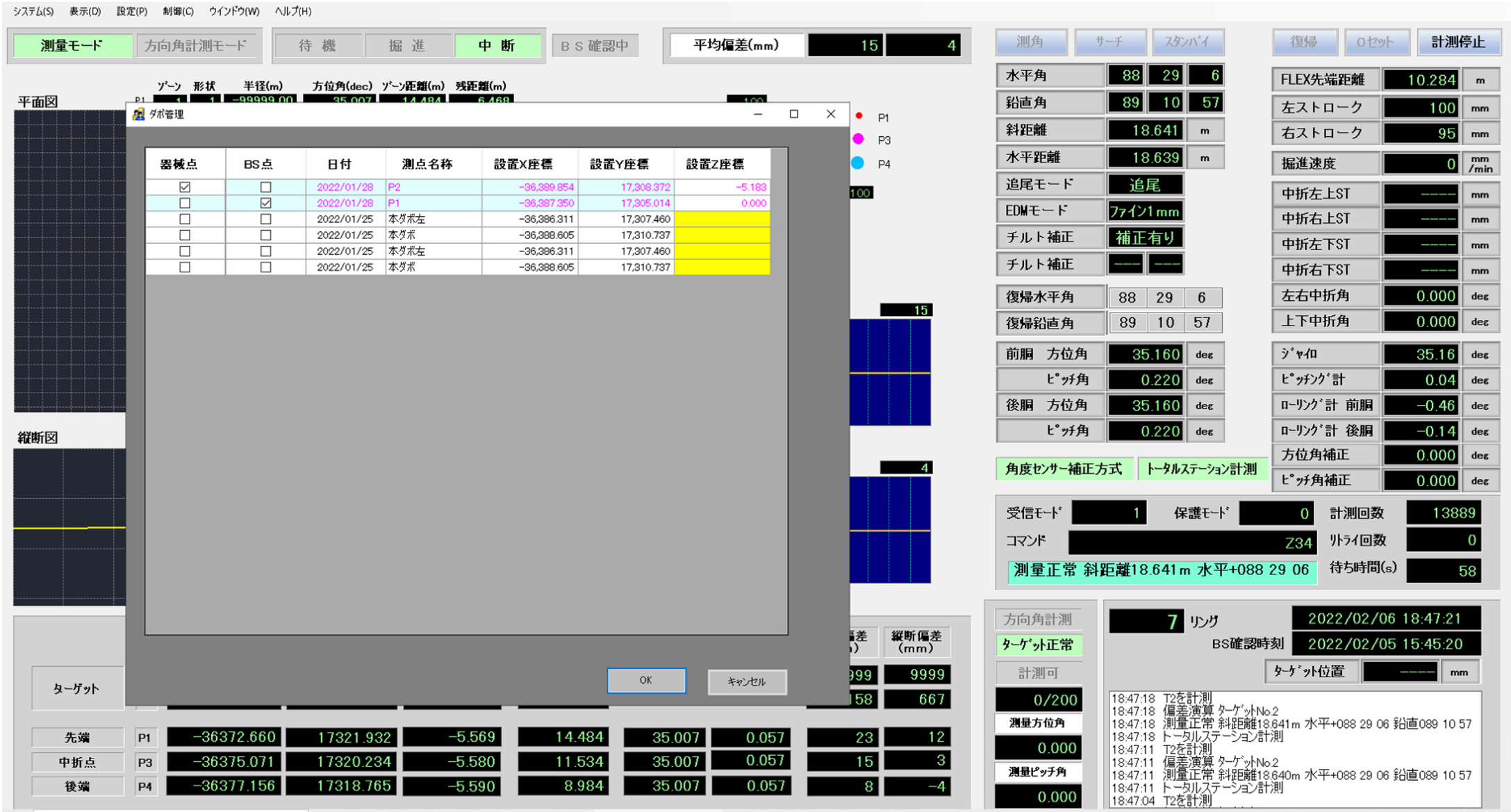
側部（スライドターゲット、M 外径φ3.64m）

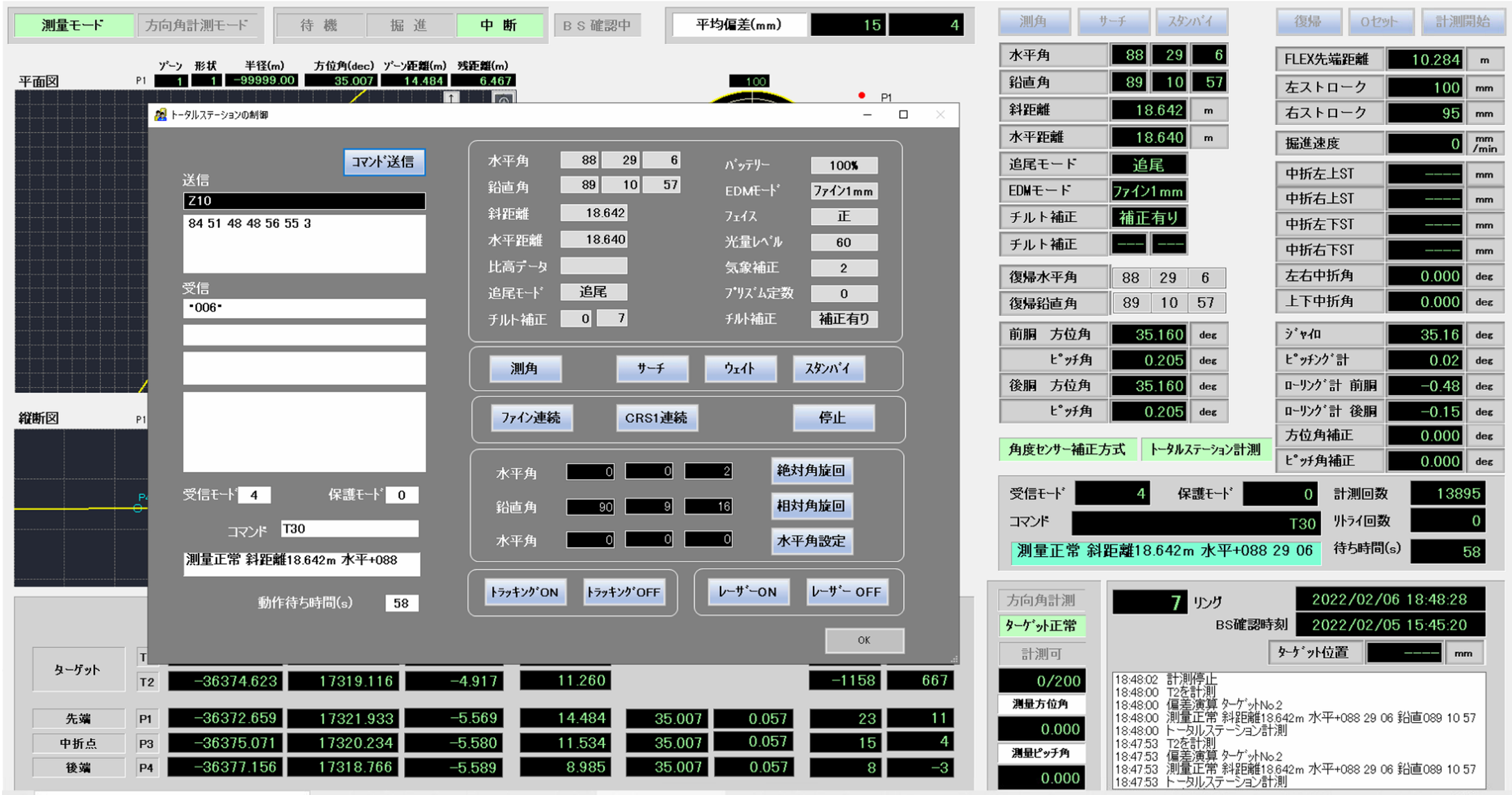
（４） スライドターゲット

2. 計測画面


システム(S) 表示(D) 設定(P) 制御(C) ウインドウ(W) ヘルプ(H)
測量モード
方向角計測モード
待 機
掘 進
中 断
ＢＳ確認中
平均偏差(mm) 15 3
測角
サーチ
スタンバイ
復帰
0セット
計測停止
平面図
ゾーン 形状 半径(m) 方位角(dec) ゾーン距離(m) 残距離(m)
P1 1 1 -99999.00 35.007 14.484 6.468
縦断図
ゾーン 形状 半径(m) ピッチ角(dec) ゾーン距離(m) 残距離(m)
P1 1 1 99999.000 0.057 14.484 818.831
平面偏差リング内推移
縦断偏差リング内推移
水平角 88 29 6
鉛直角 89 10 58
斜距離 18.641 m
水平距離 18.639 m
追尾モード 追尾
EDMモード ファイン1mm
チルト補正 補正有り
復帰水平角 88 29 6
復帰鉛直角 89 10 58
前胴 方位角 35.150 deg
ピッチ角 0.215 deg
後胴 方位角 35.150 deg
ピッチ角 0.215 deg
角度センサー補正方式
トータルステーション計測
FLEX先端距離 10.284 m
左ストローク 100 mm
右ストローク 95 mm
掘進速度 0 mm/min
中折左上ST
中折右上ST
中折左下ST
中折右下ST
左右中折角 0.000 deg
上下中折角 0.000 deg
ジャイロ 35.15 deg
ピッチング計 0.04 deg
ローリング計 前胴 -0.47 deg
ローリング計 後胴 -0.14 deg
方位角補正 0.000 deg
ピッチ角補正 0.000 deg
受信モード 1
保護モード 0
計測回数 13858
コマンド Z34
リトライ回数 0
測量正常 斜距離18.641m 水平+088 29 06
待ち時間(s) 58
X座標(m) Y座標(m) Z座標(m) 累積距離(m) 計画方位角(deg) 計画ピッチ角(deg) 平面偏差(mm) 縦断偏差(mm)
ターゲット T1 9999999.999 9999999.999 9999.999 99999.999 9999 9999
T2 -36374.624 17319.116 -4.917 11.259 -1158 667
先端 P1 -36372.659 17321.932 -5.569 14.484 35.007 0.057 22 11
中折点 P3 -36375.071 17320.234 -5.580 11.534 35.007 0.057 15 3
後端 P4 -36377.156 17318.766 -5.590 8.984 35.007 0.057 8 -4
方向角計測
ターゲット正常
計測可
0/200
測量方位角
0.000
測量ピッチ角
0.000
7 リング
2022/02/06 18:43:45
BS確認時刻 2022/02/05 15:45:20
ターゲット位置 mm
18:43:41 T2を計測
18:43:41 偏差演算 ターゲットNo.2
18:43:41 測量正常 斜距離18.641m 水平+088 29 06 鉛直089 10 58
18:43:41 トータルステーション計測
18:43:34 T2を計測
18:43:34 偏差演算 ターゲットNo.2
18:43:34 測量正常 斜距離18.641m 水平+088 29 06 鉛直089 10 57
18:43:34 トータルステーション計測
18:43:27 T2を計測


システム(S) 表示(D) 設定(P) 制御(C) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
測量モード
方向角計測モード
待 機
掘 進
中 断
ＢＳ確認中
平均偏差(mm)
18
8
測角
サーチ
スタンバイ
復帰
0セット
計測停止
平面図
ゾーン 形状 半径(m) 方位角(dec) ゾーン距離(m) 残距離(m)
P1 1 1 -99999.00 35.007 15.503 5.448
ターゲットの設定
T2ターゲット（坑口側）の座標（入力）
X座標 -1.1700 m
Y座標 -0.2750 m
Z座標 0.6670 m
取付ヨーイング 0.000 deg
取付ピッチング 0.000 deg
T1-T2間の距離 0.000 m
T1ターゲット（切羽側）の設置座標（自動計算）
X座標 -1.1700 m
Y座標 -0.2750 m
Z座標 0.6670 m
OK
キャンセル
縦断図
P1 1
P4
P1
P3
P4
平面偏差リング内推移
18
縦断偏差リング内推移
8
水平角
鉛直角
斜距離
水平距離
追尾モード
EDMモード
チルト補正
復帰水平角 88 28 52
復帰鉛直角 89 12 47
前胴 方位角 35.170 deg
ピッチ角 0.205 deg
後胴 方位角 35.170 deg
ピッチ角 0.205 deg
角度センサー補正方式
トータルステーション計測
FLEX先端距離 11.306 m
左ストローク 122 mm
右ストローク 116 mm
掘進速度 0 mm/min
中折左上ST
中折右上ST
中折左下ST
中折右下ST
左右中折角 0.000 deg
上下中折角 0.000 deg
ジャイロ 35.17 deg
ピッチング計 0.03 deg
ローリング計 前胴 -0.84 deg
ローリング計 後胴 -0.21 deg
方位角補正 0.000 deg
ピッチ角補正 0.000 deg
受信モード 1
保護モード 0
計測回数 0
コマンド Z34
リトライ回数 0
サーチ
待ち時間(s) 8
ターゲット
T1 9999 9999
T2 -36373.789 17319.703 -4.913 12.279 -1156 670
先端 P1 -36371.826 17322.520 -5.564 15.503 35.007 0.057 26 15
中折点 P3 -36374.238 17320.821 -5.575 12.553 35.007 0.057 18 8
後端 P4 -36376.322 17319.352 -5.584 10.003 35.007 0.057 10 1
計画方位角 (deg)
計画ピッチ角 (deg)
平面偏差 (mm)
縦断偏差 (mm)
方向角計測
ターゲット正常
計測可
0/200
測量方位角
0.000
測量ピッチ角
0.000
8 リング
2022/02/08 8:55:14
BS確認時刻
2022/02/08 8:39:42
ターゲット位置
mm
8:55:11 サーチ
8:55:02 プリズムが見つかりません
8:54:54 サーチ
8:54:45 プリズムが見つかりません
8:54:36 サーチ
8:54:28 プリズムが見つかりません
8:54:19 サーチ
8:54:18 プリズムが見つかりません
8:54:07 サーチ


システム(S) 表示(D) 設定(P) 制御(C) ウインドウ(W) ヘルプ(H)
測量モード
方向角計測モード
待 機
掘 進
中 断
ＢＳ確認中
平均偏差(mm)
15
4
測角
サーチ
スタンバイ
復帰
0セット
計測停止
平面図
縦断図
ダボ管理
器械点
BS点
日付
測点名称
設置X座標
設置Y座標
設置Z座標
2022/01/28 P2 -36,389.854 17,308.372 -5.183
2022/01/28 P1 -36,387.350 17,305.014 0.000
2022/01/25 本ダボ左 -36,386.311 17,307.460
2022/01/25 本ダボ -36,388.605 17,310.737
2022/01/25 本ダボ左 -36,386.311 17,307.460
2022/01/25 本ダボ -36,388.605 17,310.737
OK
キャンセル
P1
P3
P4
水平角 88 29 6
鉛直角 89 10 57
斜距離 18.641 m
水平距離 18.639 m
追尾モード 追尾
EDMモード ファイン1mm
チルト補正 補正有り
チルト補正
復帰水平角 88 29 6
復帰鉛直角 89 10 57
前胴 方位角 35.160 deg
ピッチ角 0.220 deg
後胴 方位角 35.160 deg
ピッチ角 0.220 deg
角度センサー補正方式
トータルステーション計測
FLEX先端距離 10.284 m
左ストローク 100 mm
右ストローク 95 mm
掘進速度 0 mm/min
中折左上ST ---- mm
中折右上ST ---- mm
中折左下ST ---- mm
中折右下ST ---- mm
左右中折角 0.000 deg
上下中折角 0.000 deg
ジャイロ 35.16 deg
ピッチング計 0.04 deg
ローリング計 前胴 -0.46 deg
ローリング計 後胴 -0.14 deg
方位角補正 0.000 deg
ピッチ角補正 0.000 deg
受信モード 1
保護モード 0
計測回数 13889
コマンド Z34
リトライ回数 0
測量正常 斜距離18.641m 水平+088 29 06
待ち時間(s) 58
ターゲット
縦断偏差 (mm)
先端 P1 -36372.660 17321.932 -5.569 14.484 35.007 0.057 23 12
中折点 P3 -36375.071 17320.234 -5.580 11.534 35.007 0.057 15 3
後端 P4 -36377.156 17318.765 -5.590 8.984 35.007 0.057 8 -4
方向角計測
ターゲット正常
計測可
0/200
測量方位角
0.000
測量ピッチ角
0.000
7 リング
BS確認時刻
2022/02/06 18:47:21
2022/02/05 15:45:20
ターゲット位置 ---- mm
18:47:18 T2を計測
18:47:18 偏差演算 ターゲットNo.2
18:47:18 測量正常 斜距離18.641m 水平+088 29 06 鉛直089 10 57
18:47:18 トータルステーション計測
18:47:11 T2を計測
18:47:11 偏差演算 ターゲットNo.2
18:47:11 測量正常 斜距離18.640m 水平+088 29 06 鉛直089 10 57
18:47:11 トータルステーション計測
18:47:04 T2を計測


測量モード
方向角計測モード
待 機
掘 進
中 断
BS確認中
平均偏差(mm)
15
4
平面図
縦断図
トータルステーションの制御
コマンド送信
送信
Z10
84 51 48 48 56 55 3
受信
"006"
受信モード 4
保護モード 0
コマンド T30
測量正常 斜距離18.642m 水平+088
動作待ち時間(s) 58
水平角 88 29 6
鉛直角 89 10 57
斜距離 18.642
水平距離 18.640
比高データ
追尾モード 追尾
チルト補正 0 7
バッテリー 100%
EDMモード ファイン1mm
フェイス 正
光量レベル 60
気象補正 2
プリズム定数 0
チルト補正 補正有り
測角
サーチ
ウェイト
スタンバイ
ファイン連続
CRS1連続
停止
水平角 0 0 2
鉛直角 90 9 16
水平角 0 0 0
絶対角旋回
相対角旋回
水平角設定
トラッキングON
トラッキングOFF
レーザーON
レーザー OFF
OK
測角
サーチ
スタンバイ
水平角 88 29 6
鉛直角 89 10 57
斜距離 18.642 m
水平距離 18.640 m
追尾モード 追尾
EDMモード ファイン1mm
チルト補正 補正有り
チルト補正
復帰水平角 88 29 6
復帰鉛直角 89 10 57
前胴 方位角 35.160 deg
ピッチ角 0.205 deg
後胴 方位角 35.160 deg
ピッチ角 0.205 deg
角度センサー補正方式
トータルステーション計測
復帰
0セット
計測開始
FLEX先端距離 10.284 m
左ストローク 100 mm
右ストローク 95 mm
掘進速度 0 mm/min
中折左上ST mm
中折右上ST mm
中折左下ST mm
中折右下ST mm
左右中折角 0.000 deg
上下中折角 0.000 deg
ジャイロ 35.16 deg
ピッチング計 0.02 deg
ローリング計 前胴 -0.48 deg
ローリング計 後胴 -0.15 deg
方位角補正 0.000 deg
ピッチ角補正 0.000 deg
受信モード 4
保護モード 0
計測回数 13895
コマンド T30
リトライ回数 0
測量正常 斜距離18.642m 水平+088 29 06
待ち時間(s) 58
方向角計測
ターゲット正常
計測可
0/200
測量方位角
0.000
測量ピッチ角
0.000
7 リング
2022/02/06 18:48:28
BS確認時刻 2022/02/05 15:45:20
ターゲット位置 mm
18:48:02 計測停止
18:48:00 T2を計測
18:48:00 偏差演算 ターゲットNo.2
18:48:00 測量正常 斜距離18.642m 水平+088 29 06 鉛直089 10 57
18:48:00 トータルステーション計測
18:47:53 T2を計測
18:47:53 偏差演算 ターゲットNo.2
18:47:53 測量正常 斜距離18.642m 水平+088 29 06 鉛直089 10 57
18:47:53 トータルステーション計測
ターゲット
T2 -36374.623 17319.116 -4.917 11.260 -1158 667
先端 P1 -36372.659 17321.933 -5.569 14.484 35.007 0.057 23 11
中折点 P3 -36375.071 17320.234 -5.580 11.534 35.007 0.057 15 4
後端 P4 -36377.156 17318.766 -5.589 8.985 35.007 0.057 8 -3