

点群データを活用した 配筋検査システム



TEKKEN

鉄建建設株式会社

土木本部 i-Con推進部

三瓶 晃弘

目次

1. システム構築の背景
2. システムの概要
3. 性能試験
4. スキャナの開発
5. 効果と課題
6. まとめ

1. システム構築の背景

構造物施工において、鉄筋検査は必須である。その作業は、準備、計測、写真撮影、帳票作成となっており、数名の職員によって実施している。作業負担は大きく、改善課題の一つであった。



1. システム構築の背景

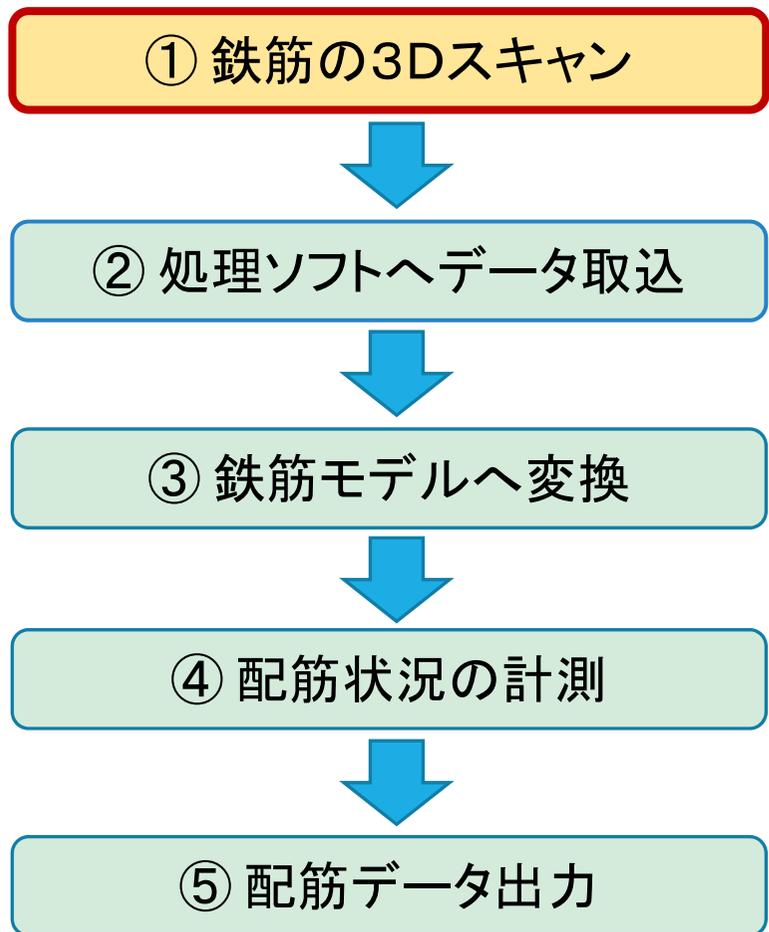
また現状の写真による記録では、その性質上撮影した箇所の状況を残す事しかできない。

それでも沢山の枚数を撮影すれば全ての状況が保存出来るが、さらに作業量が増えてしまう。



3Dレーザースキャナによって得られる機械中心から360度の空間の点群データを活用することとした。
また、点群処理ソフトメーカーにて開発していた点群から鉄筋モデルへの変換機能を組合せて、配筋情報を計測し数値化することで検査業務の効率化と省力化を行う。

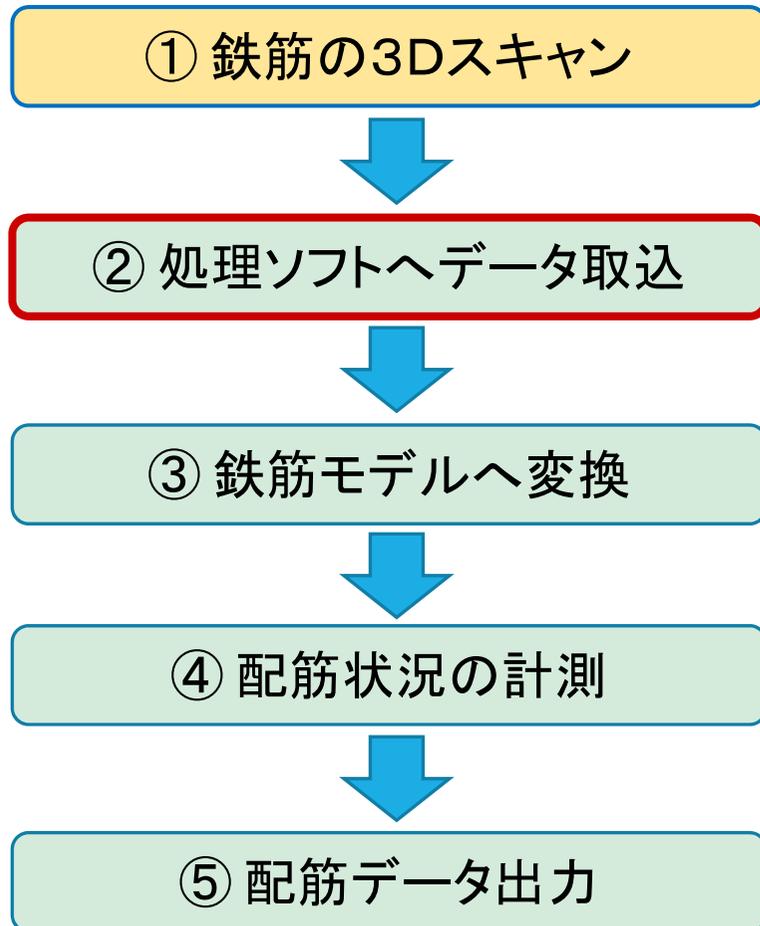
2. システムの概要



- ① 鉄筋の3Dスキャン
3Dレーザースキャナにて鉄筋を計測。配筋の状況を可能な限り確認出来るように複数回スキャンを実施。スキャナの据え付け間隔は5m以内を基本とし点群密度の設定は3mm@10mとする。

※この作業のみ現場での作業となる。

2. システムの概要



② 処理ソフトへデータ取込
点群処理ソフトでは複数回分の
スキャンデータについて自動的
に合成が可能。
対象物が複雑な場合は手動にて
位置を合わせる。

2. システムの概要

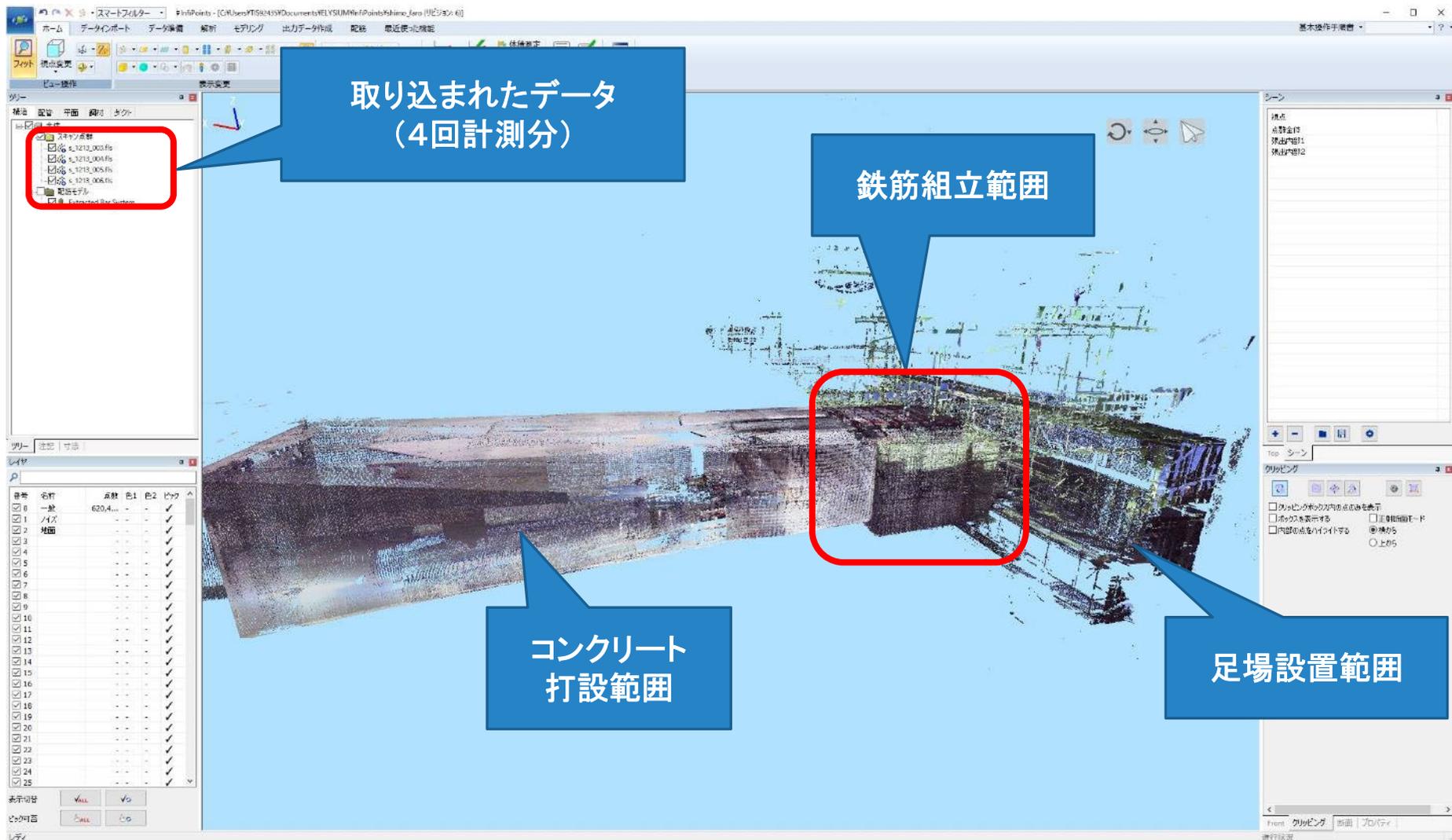
② 処理ソフトヘデータ取込（今回検証対象）



PC張出し架設施工
での鉄筋組立状況

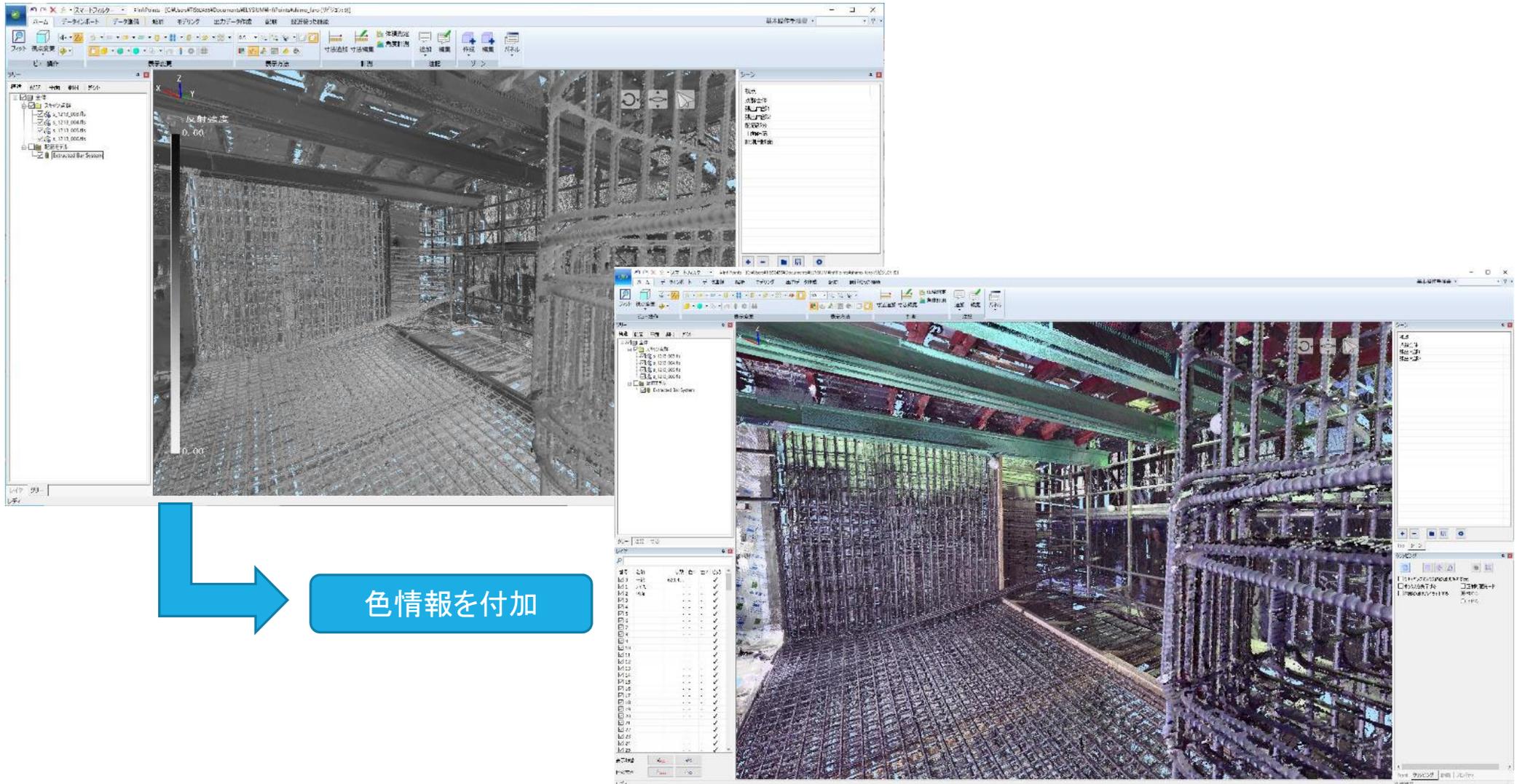
2. システムの概要

② 処理ソフトへデータ取込

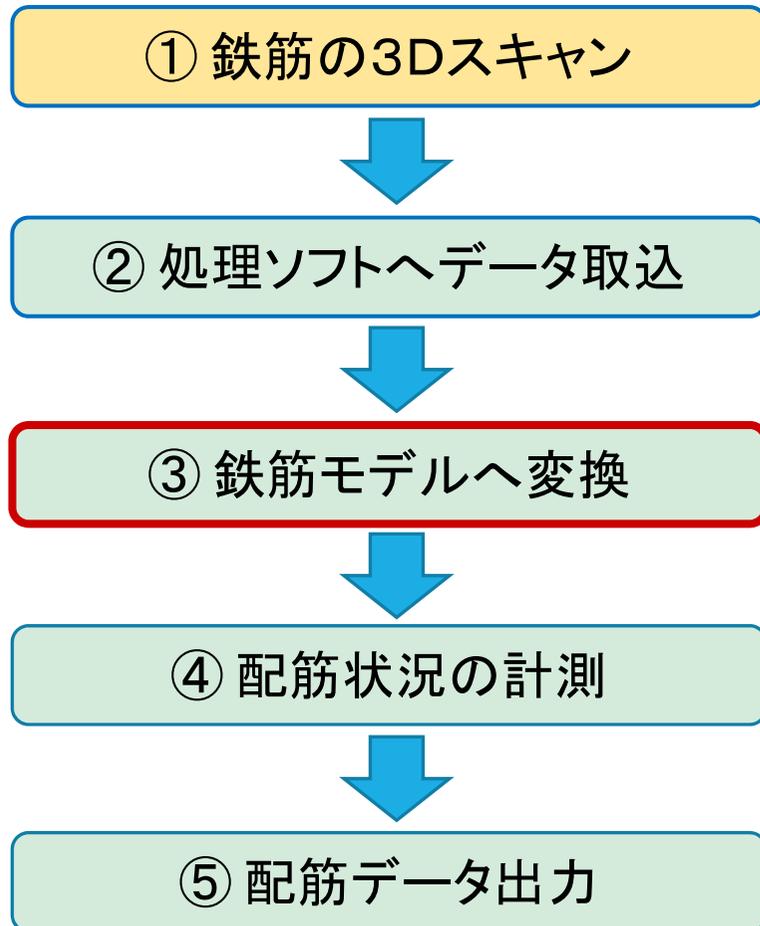


2. システムの概要

② 処理ソフトヘデータ取込



2. システムの概要



③ 鉄筋モデルへ変換

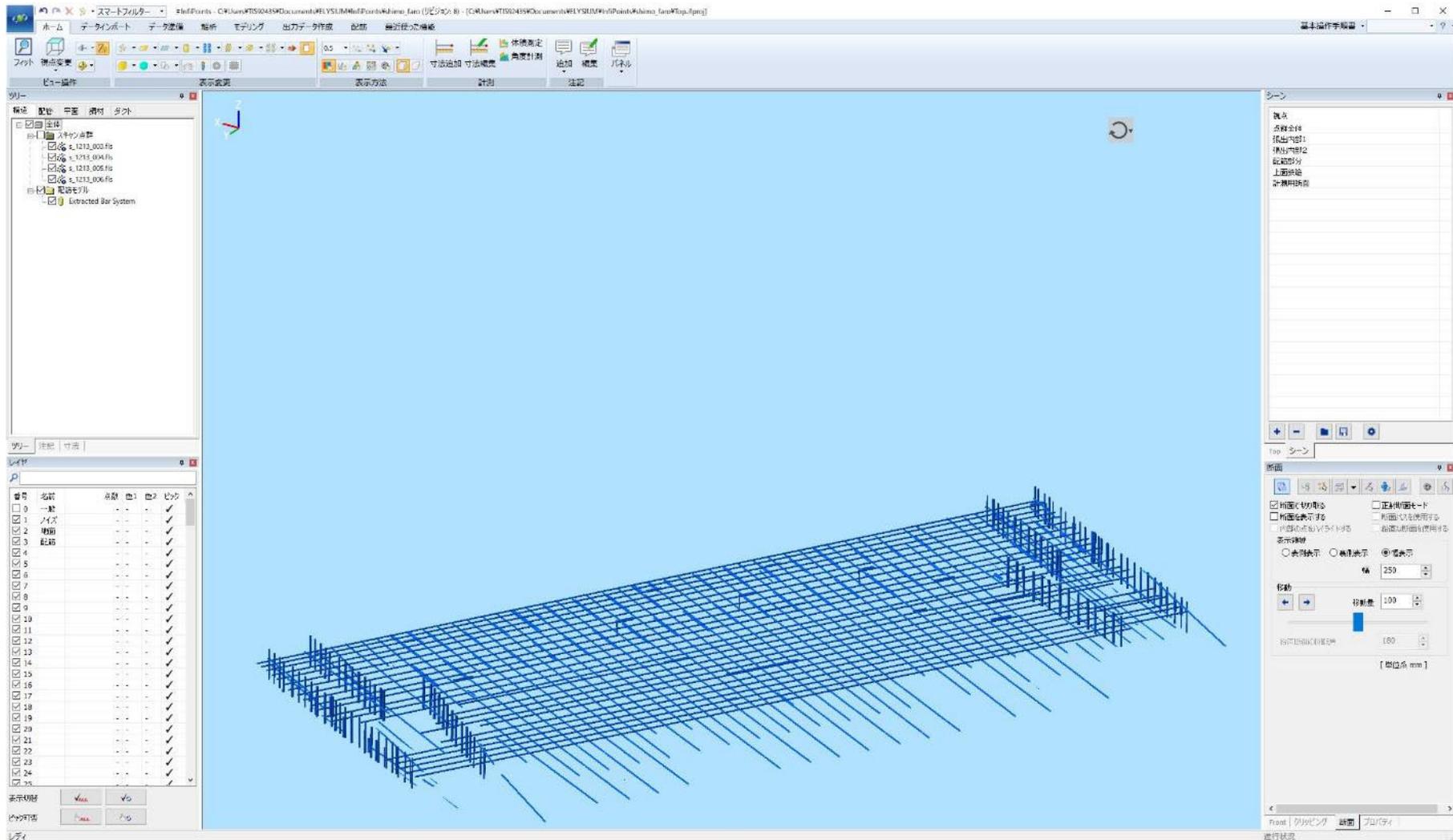
事前に変換に不要な点群を削除。
各鉄筋径に合わせてモデル化を実施。

(例：D 1 3 ⇒ $\Phi 12.7\text{mm}$)

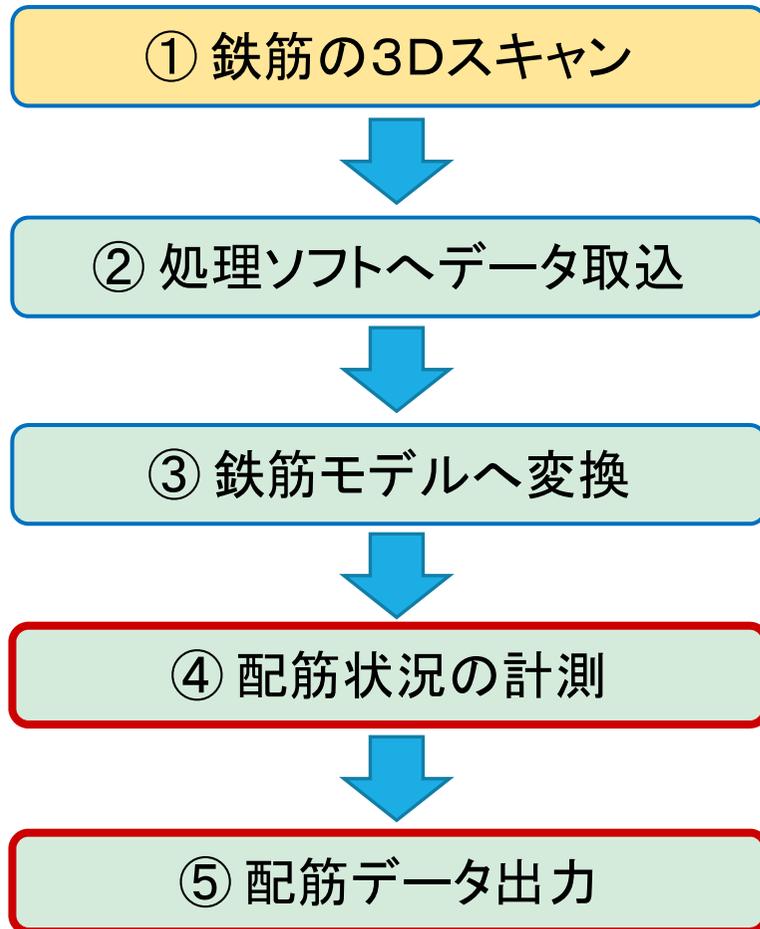
直線の鉄筋に関して 90%以上の
変換率。

2. システムの概要

③ 鉄筋モデルへ変換



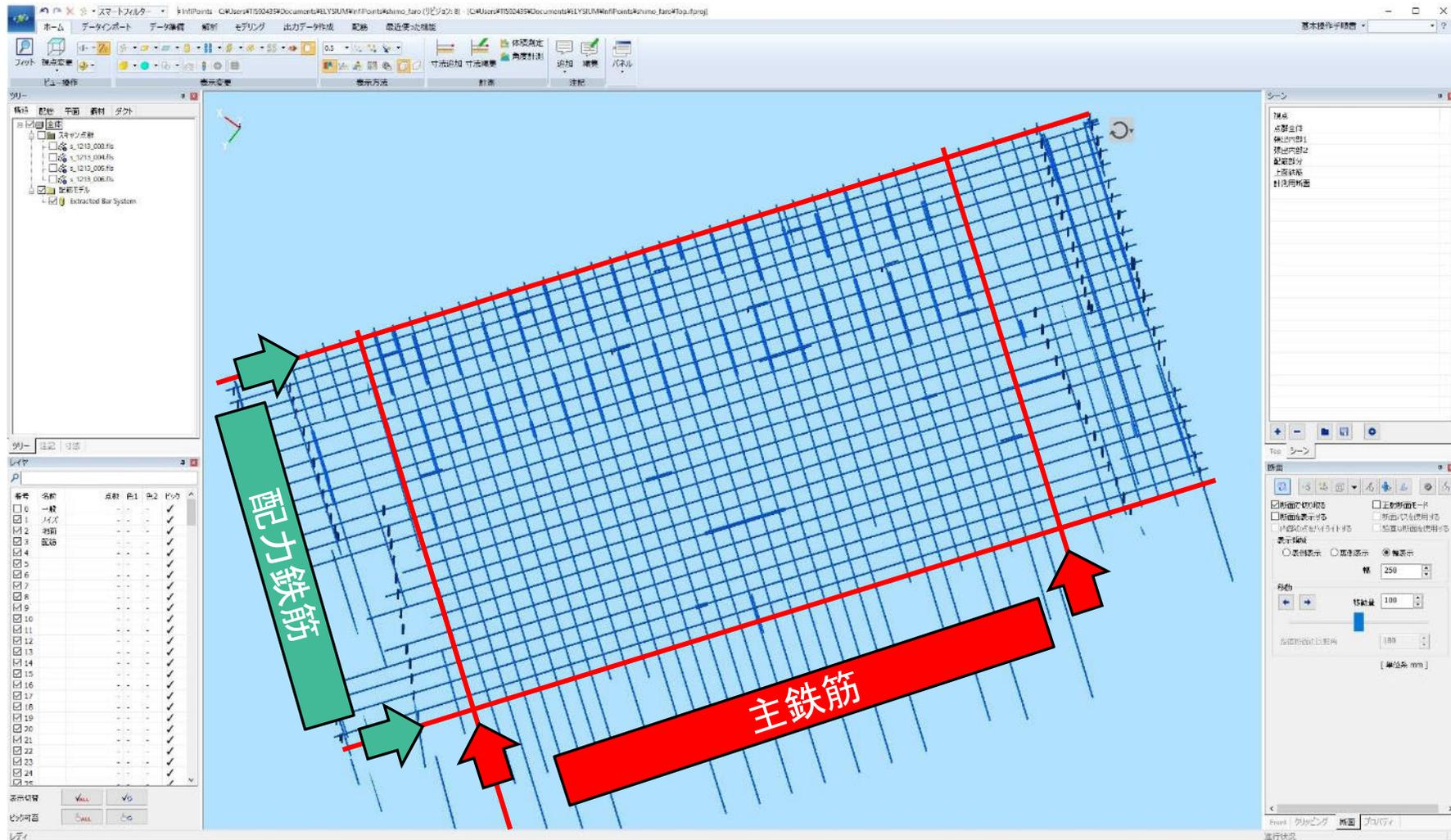
2. システムの概要



- ④ 配筋状況の計測
計測する範囲の主鉄筋と配力筋を選択。
- ⑤ 配筋データ出力
選択した範囲毎に鉄筋の本数、鉄筋間隔（ピッチ）と重ね継手長が算出。

2. システムの概要

④⑤配筋状況の測定及び結果



2. システムの概要

④⑤配筋状況の測定及び結果

The screenshot shows a software window titled "Result.txt - メモ帳" (Result.txt - Notepad) displaying rebar measurement data. The data is organized into three sections, each highlighted with a red box and a blue callout label:

- 主鉄筋結果 (Main Rebar Results):**
 - 床版 (Slab)
 - 主筋 (Main Rebar)
 - 範囲 4377.0 mm 抽出本数 36 本 補完 0 本
 - 最大ピッチ 135.9 mm
 - 最小ピッチ 116.2 mm
 - 平均ピッチ(補完無し) 125.1 mm
 - 平均ピッチ(補完有り) 125.1 mm
- 重ね継手結果 (Lap Splice Results):**
 - 重ね継手 1 (Lap Splice 1)
 - 重なり長さ 452.3 mm (傾き 2.4 mm/m)
 - 1本おき (継手位置確認推奨箇所 なし)
 - 重ね継手 2 (Lap Splice 2)
 - 重なり長さ 467.6 mm (傾き 3.3 mm/m)
 - 1本おき (継手位置確認推奨箇所 なし)
 - 継手間隔 654.3 mm
- 配力筋結果 (Distribution Rebar Results):**
 - 配力筋 (Distribution Rebar)
 - 範囲 2870.3 mm 抽出本数 25 本 補完 0 本
 - 最大ピッチ 135.4 mm
 - 最小ピッチ 80.4 mm
 - 平均ピッチ(補完無し) 119.6 mm
 - 平均ピッチ(補完有り) 119.6 mm

The background shows a 3D model of a rebar grid on a slab. The software interface includes a file explorer on the left, a table of rebar properties at the bottom left, and a settings panel on the right.

3. 性能試験

(1) モックアップによる性能確認試験

試験内容

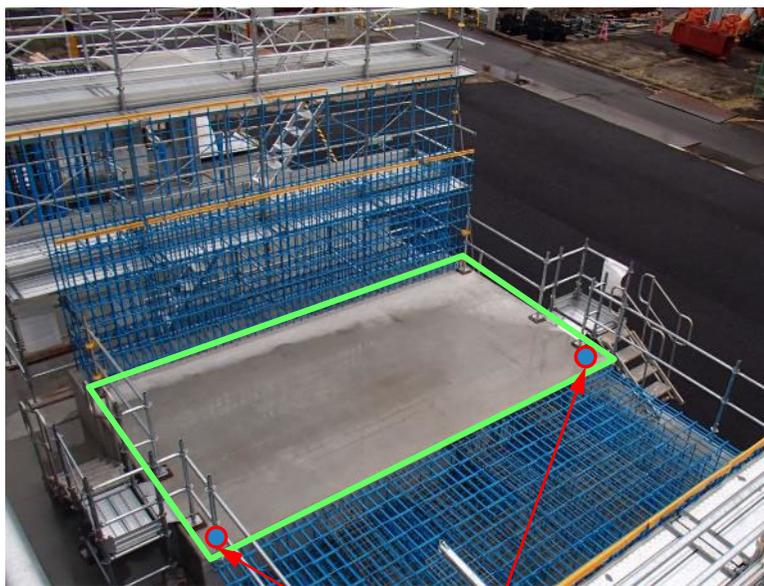
- ・ スキャナによって取得した点群データから変換される3Dモデルが正しくモデル化されているか、計測した実際の配筋と比較確認。
- ・ 現場の配筋検査にて行われる1mあたりの鉄筋間隔確認に対して、本配筋検査システムと実際の配筋と比較を行い数値を確認。

3. 性能試験

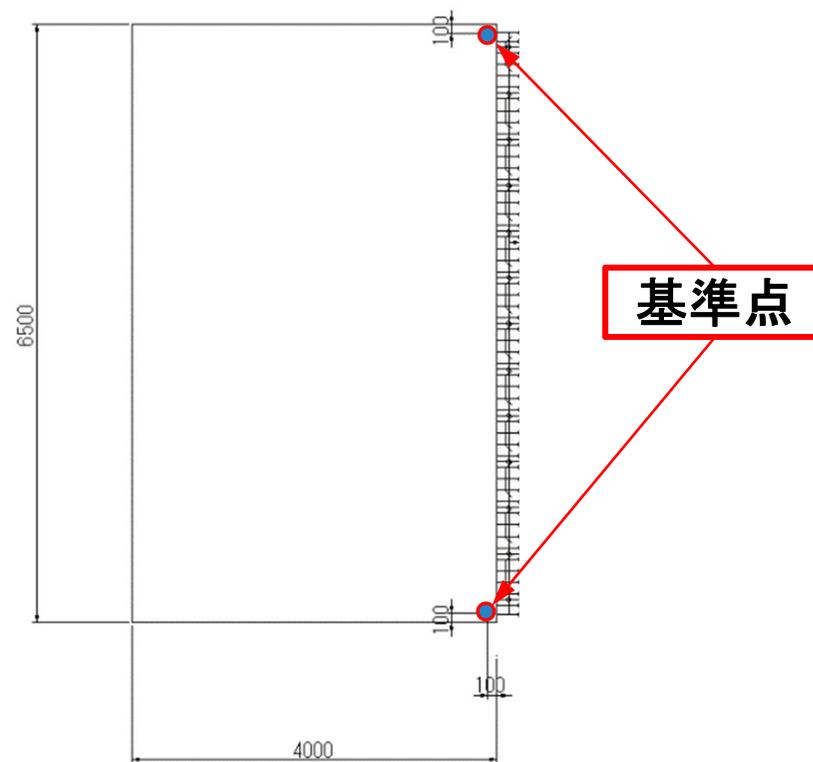
(1) モックアップによる性能確認試験

① 基準点の設置

ローカル座標を定めるため、モックアップのコンクリート床版部分に基準点を設定。



基準点

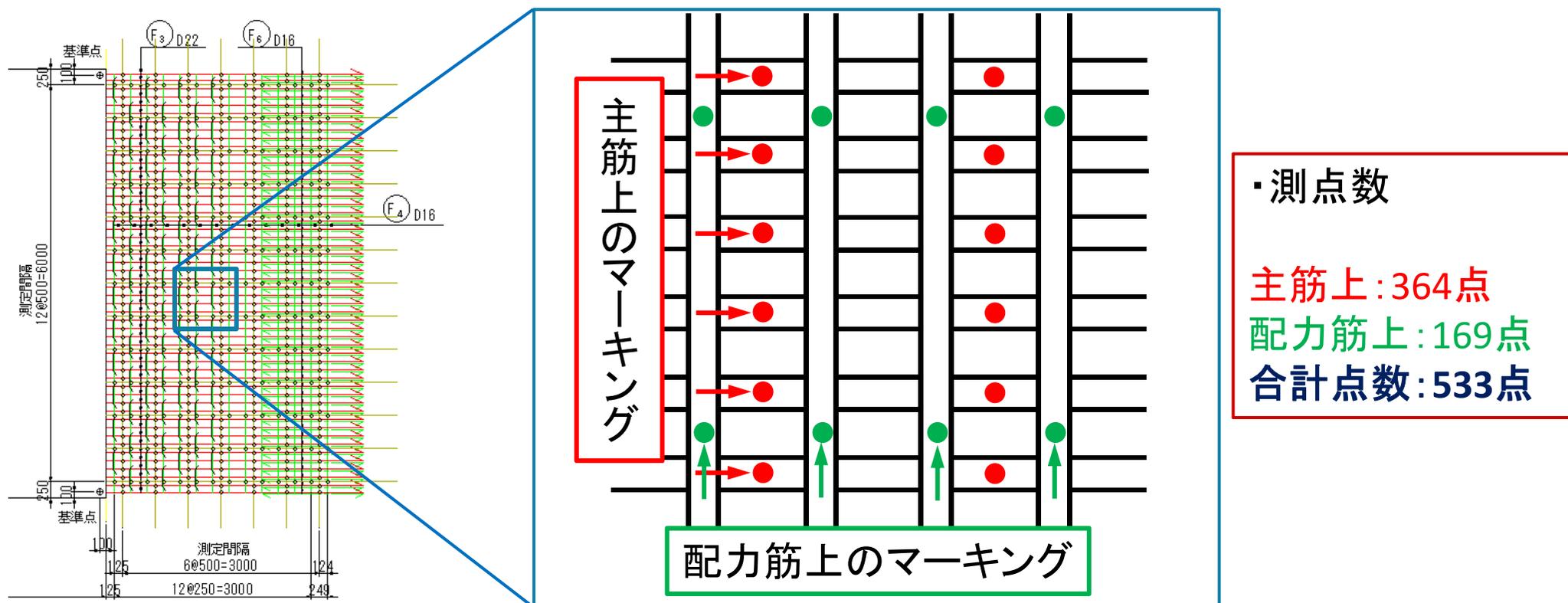


3. 性能試験

(1) モックアップによる性能確認試験

②鉄筋の状態をTSにより計測

主筋・配力筋それぞれについて、鉄筋1本毎に50cm間隔でマーキングし、その位置をTSにより計測。

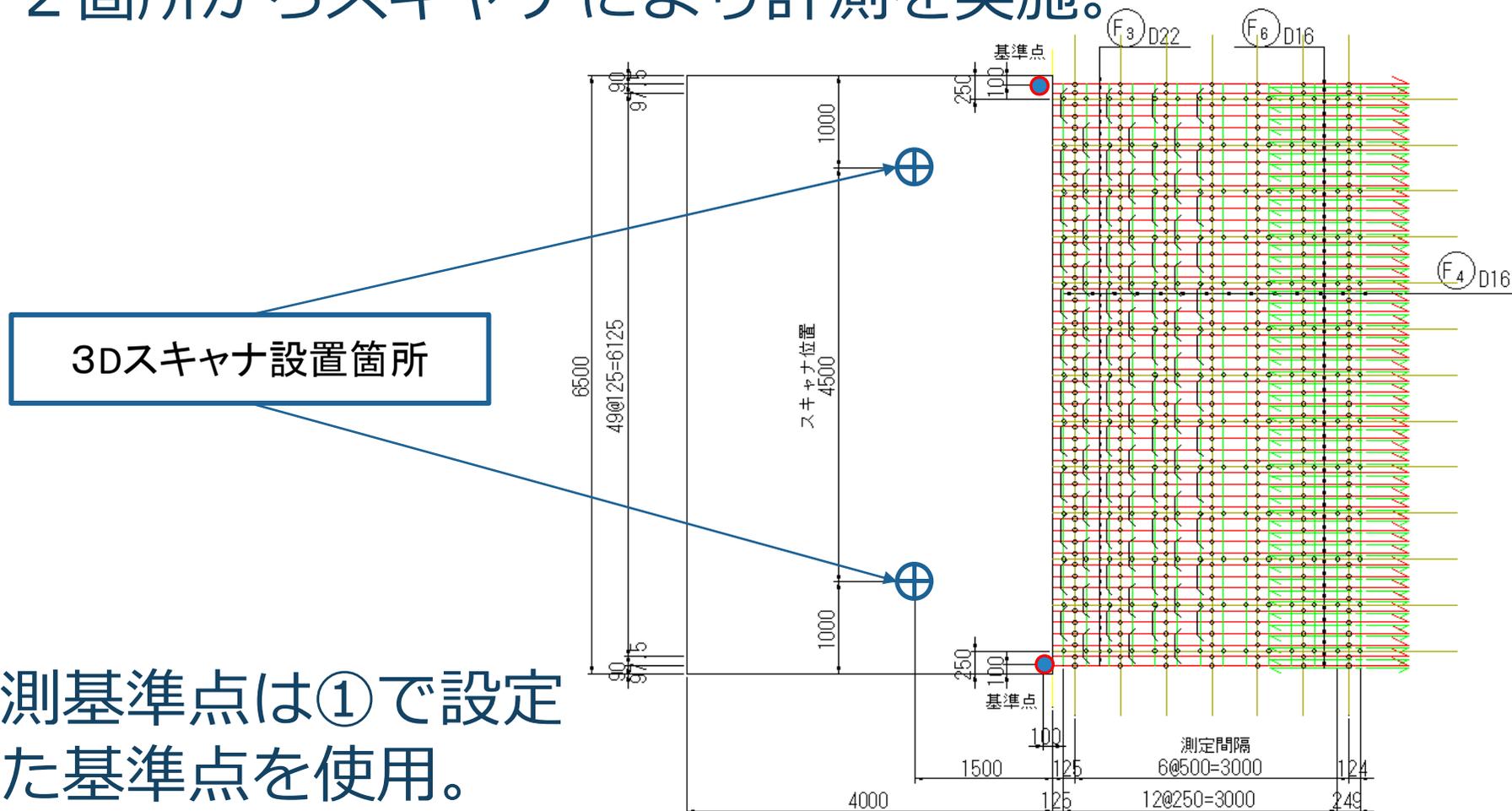


3. 性能試験

(1) モックアップによる性能確認試験

③ 3Dスキャナにより点群データ取得

2箇所からスキャナにより計測を実施。



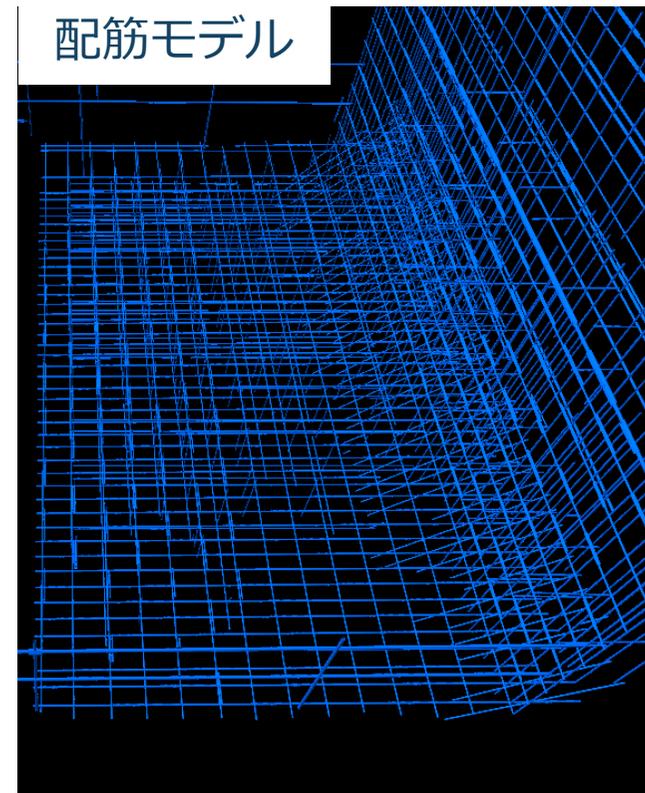
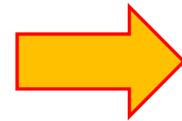
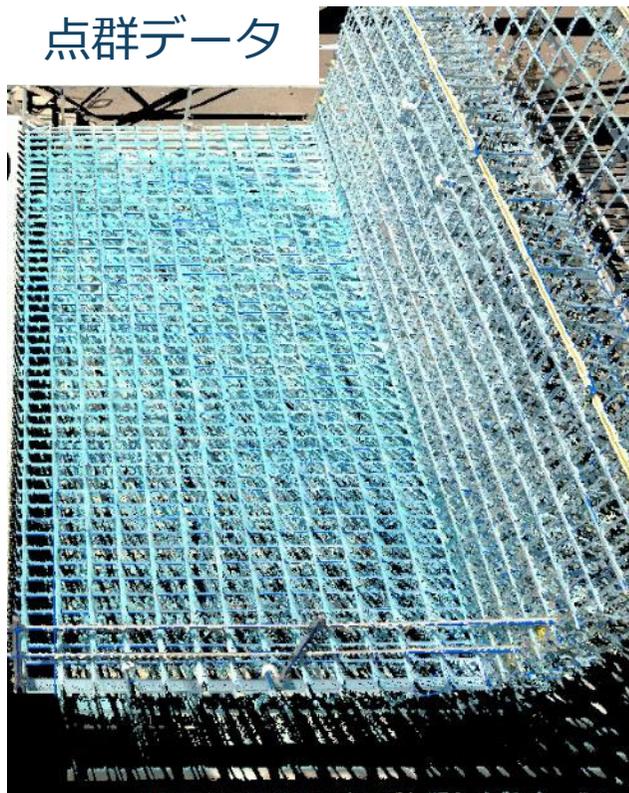
計測基準点は①で設定した基準点を使用。

3. 性能試験

(1) モックアップによる性能確認試験

④配筋モデルの作成

点群データを点群処理ソフトにより変換し、座標情報付きの配筋モデルを作成。



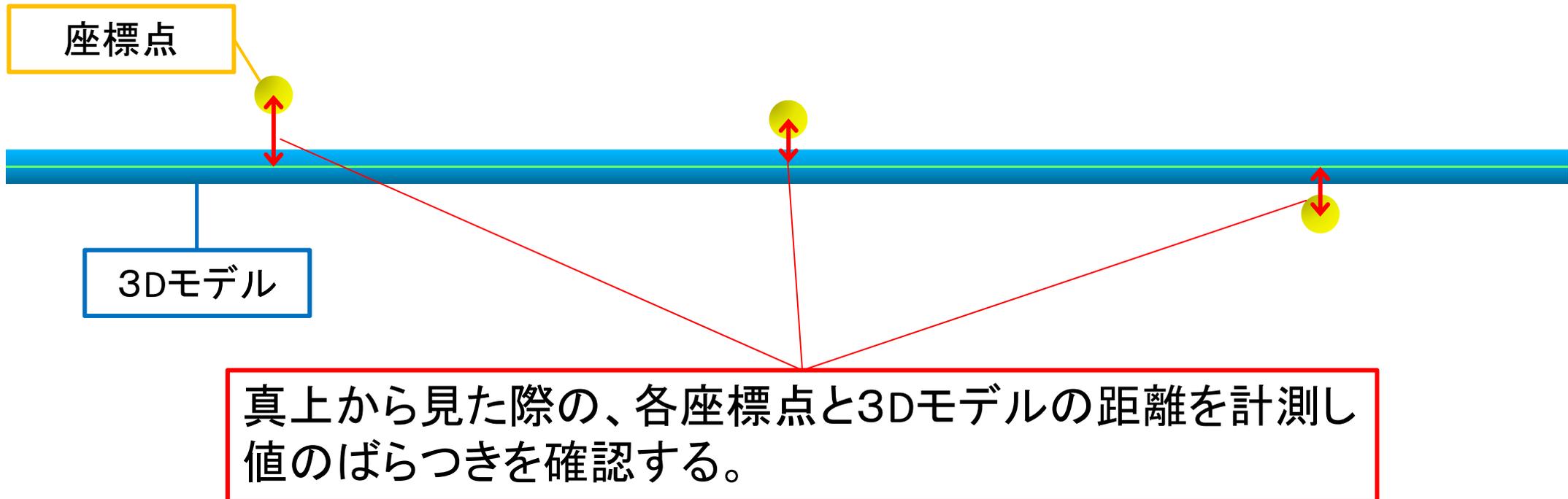
3. 性能試験

(1) モックアップによる性能確認試験

⑤座標値とモデルの比較

②で得られた実際の配筋上の座標点と④で作成した配筋モデルを重ね合わせ、差異を確認。

鉄筋1本ごとの座標点および3Dモデル比較イメージ図

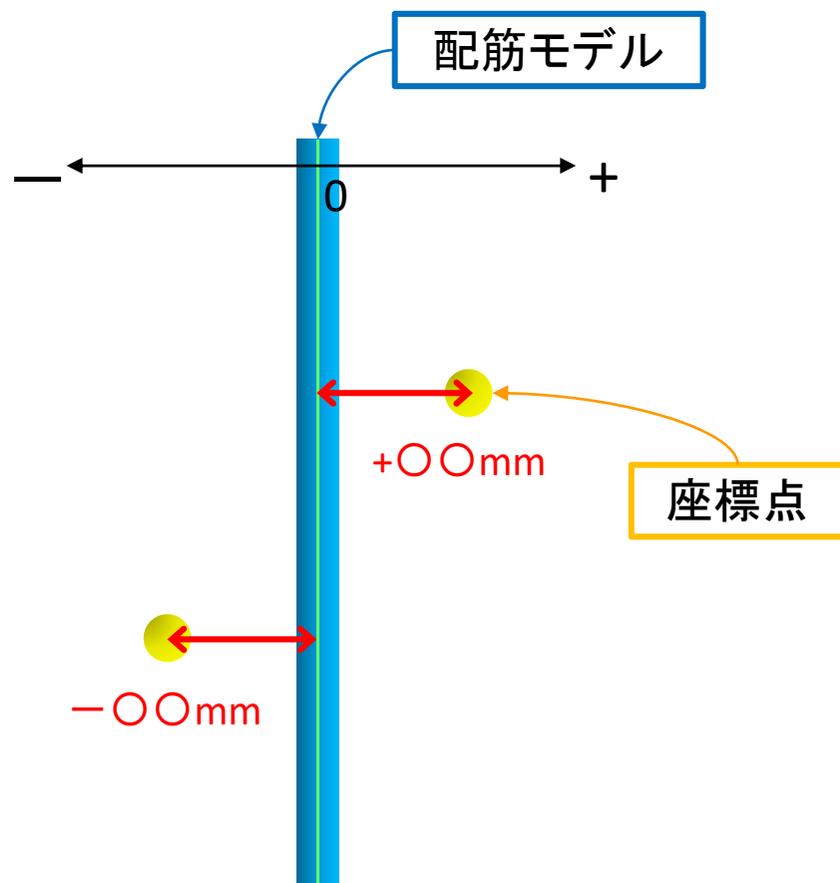


3. 性能試験

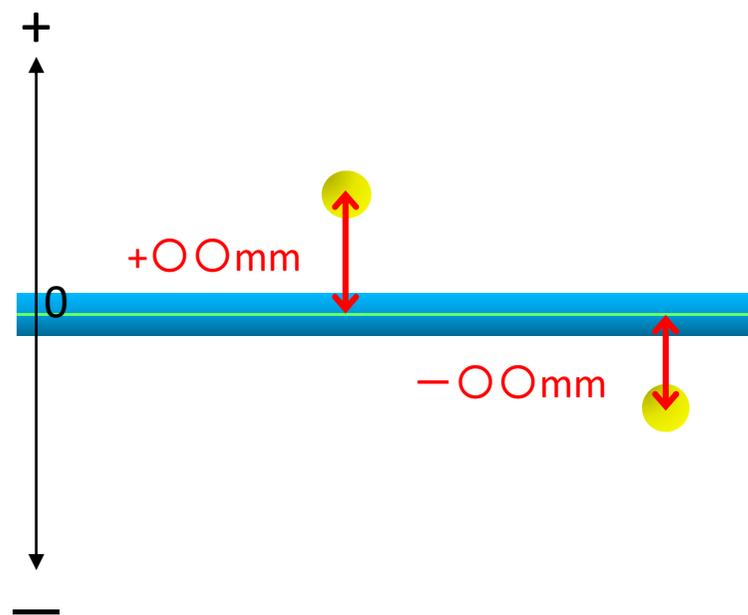
(2) モデル化された鉄筋の整合性

■ 座標点位置の計測値の正負

・主筋 D22



・配力筋 D16



3. 性能試験

(2) モデル化された鉄筋の整合性

■ 主筋① D 2 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4	1	5	6	1	0	-2	-1	5	3	6	7	6	6	2
2	4	1	-1	1	0	-2	0	1	1	1	2	3	2	3	0
3	2	2	-1	3	1	-2	-3	-2	-4	0	-3	5	1	1	3
4	2	8	0	5	2	2	-1	1	-6	0	-5	4	2	0	2
5		4	2	4	5	-1	-3	1	-5	0	-8	0	0	1	3
6	8	2	2	2	7	1	-2	1	0	0	-9	-1	2	1	2
7	6	0	4	3	3	-2	-2	3	4	0	-10	1	1	1	0
平均	4.3	2.6	1.6	3.4	2.7	-0.6	-1.9	0.6	-0.7	0.6	-3.9	2.7	2.0	1.9	1.7

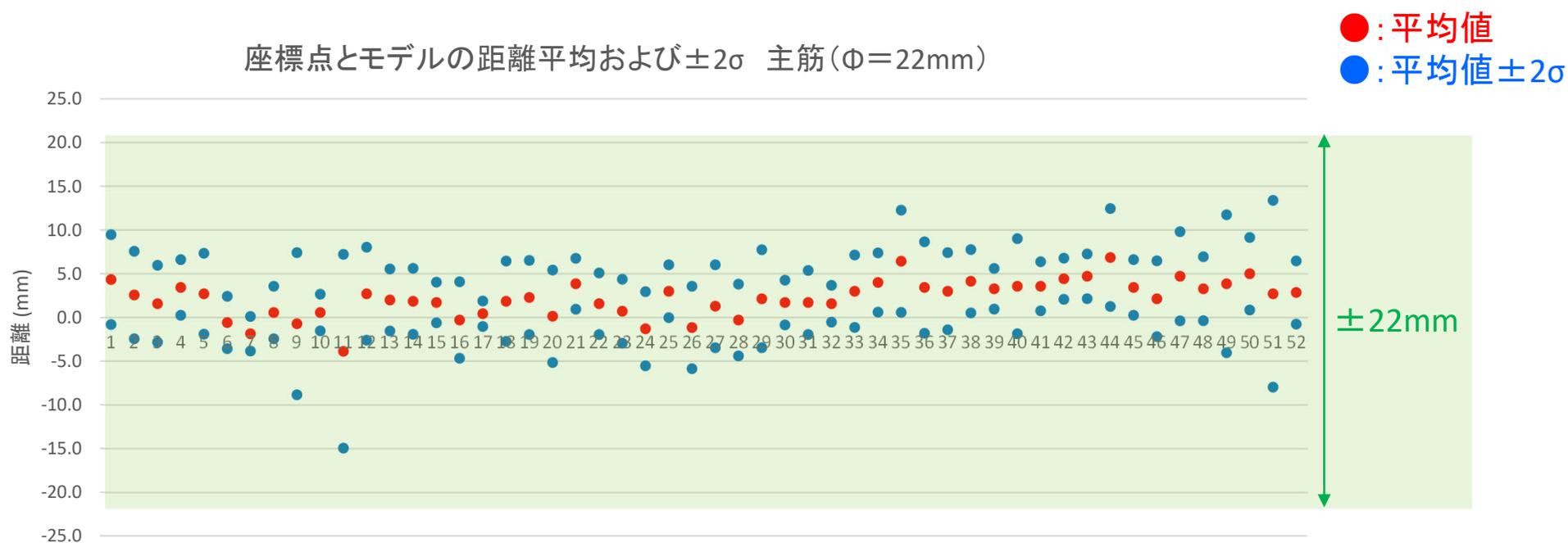
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	2	1	4	7	4	2	-1	1	2	0	4	4	-2	-1	1
2	2	1	6	3	4	2	3	2	0	4	0	4	-1	-1	3
3	-2	1	2	1	0	3	0	-1	0	5	-3	2	4	-1	3
4	1	-1	0	1	-2	5	4	1	-1	3	-2	1	0	3	0
5	1	0	-1	2	-3	5	2	0	-2	4	-3	2	-2	5	3
6	-2	0	0	2	-2	6	3	4	-5	2	-1	-3	-2	5	2
7	-4	1	2	0	0	4	0	-2	-3	3	-3	-1	1	5	0
平均	-0.3	0.4	1.9	2.3	0.1	3.9	1.6	0.7	-1.3	3.0	-1.1	1.3	-0.3	2.1	1.7

3. 性能試験

(2) モデル化された鉄筋の整合性

各鉄筋毎に、座標点とモデルの距離について平均値および標準偏差 σ を求め「平均値 $\pm 2\sigma$ (要素の約95%が含まれる範囲)」が $\pm\Phi$ (鉄筋径)に収まるかを検証

・主筋($\Phi=22\text{mm}$): 測点数 364箇所



3. 性能試験

(3) システム計測の整合性

施工管理基準および写真管理基準

	工種	出来形管理基準			写真管理項目		
		測定項目	規格値	判定基準	撮影項目	撮影頻度	提出頻度
	組立	平均間隔 d	±φ	d=D/(n-1) n:10本程度	平均間隔 かぶり	コンクリート打設ごとに1回 (重要構造物かつ主鉄筋について適用)	代表箇所 各1枚
		かぶり t	±φかつ 最小かぶり 以上	工事の規模に応じて、1リフト、10リフト 当たりに対して各面で一箇所以上 測定する。最小かぶりは、コンクリート 標準仕方書参照。			
	配筋				位置、間隔、 継手寸法	打設0リフト毎に1回又は 1施工箇所毎に1回 [組立後]	適宜
■床版工	床版工	鉄筋のかぶり	設計値以上	1径間当たり3断面(両端及び中央) 測定。1断面の測定箇所は断面変化 毎1ヶ所とする。	鉄筋の有効高さ 鉄筋のかぶり 鉄筋間隔	1スパンに1回 [打設前後]	代表箇所 各1枚
		鉄筋の有効高さ	±10				
		鉄筋間隔	±20	1径間当たり3断面(両端及び中央) 測定。 1ヶ所の測定は、橋軸方向の鉄筋は 全数、橋軸直角方向の鉄筋は加工 形状毎に2mの範囲を測定。			
		上記、鉄筋の有 効高さがマイナ スの場合	±10				

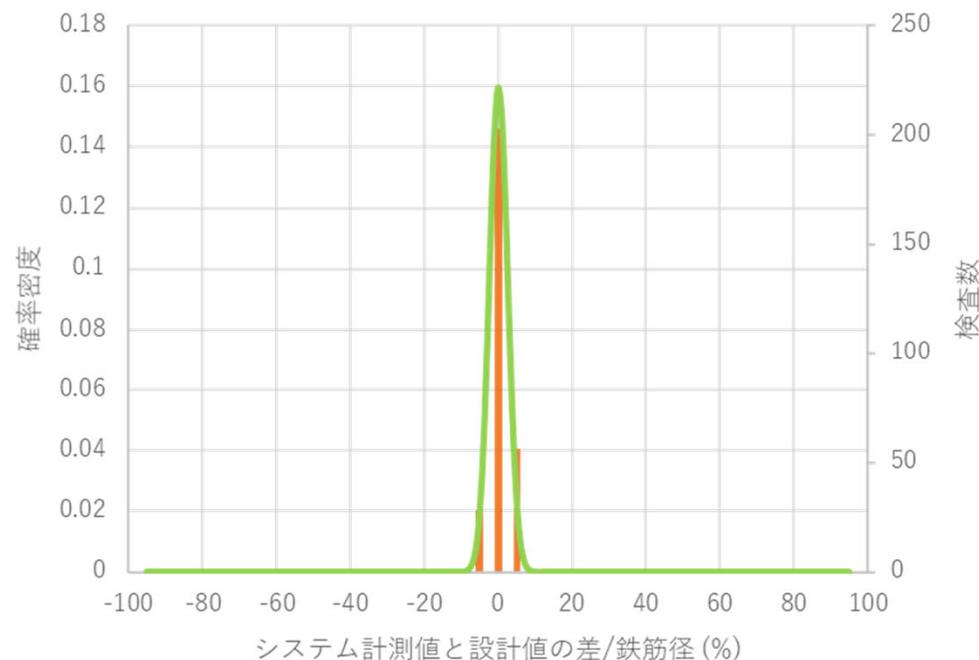
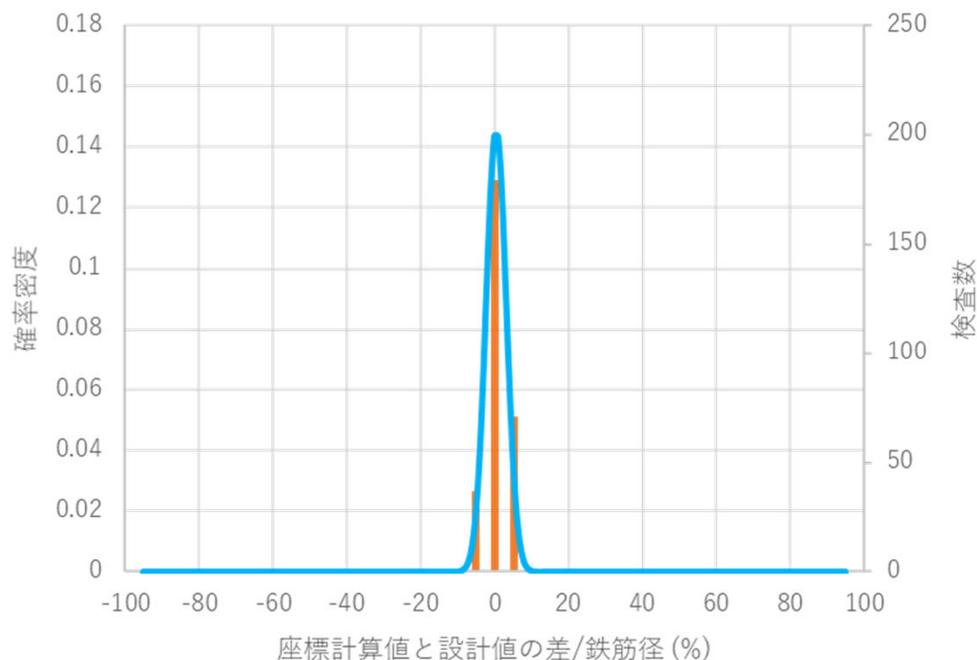


鉄筋間隔の規格値は、±φ(鉄筋径)であるため、
計測誤差(%) = (座標計算値 - 設計値) / 鉄筋径 (システム計測値 - 設計値) / 鉄筋径
 で表すと、全データが規格値内(±100%)に入っていることが必要

3. 性能試験

(3) システム計測の整合性

主筋(D22)のデータのみ抜粋したグラフ(1m平均): 測点数 287箇所



	中央値 (平均)	標準偏差	分散値
(実測値 - 設計値)/鉄筋径	0.49	2.74	7.50
(システム計測値 - 設計値)/鉄筋径	0.15	2.50	6.24

3. 性能試験

(3) システム計測の整合性

各配力筋での全数平均の比較

・主筋(設計値:125mm)

	座標計算値		システム計測値		平均値の差
	長さ	平均値	長さ	平均値	
1	5985	124.7	6002	125.0	-0.35
2	5996	124.9	6002	125.0	-0.13
3	6005	125.1	6002	125.0	0.06
4	6009	125.2	6002	125.0	0.15
5	6007	125.1	6002	125.0	0.10
6	6004	125.1	6002	125.0	0.04
7	5996	124.9	6002	125.0	-0.13
全数平均	—	125.0	—	125.0	-0.04

・配力筋(設計値:250mm)

	座標計算値		システム計測値		平均値の差
	長さ	平均値	長さ	平均値	
1	3008	250.7	3005	250.4	0.25
2	3012	251.0	3005	250.4	0.58
3	3012	251.0	3005	250.4	0.58
4	3014	251.2	3005	250.4	0.75
5	3013	251.1	3005	250.4	0.67
6	3010	250.8	3005	250.4	0.42
7	3005	250.4	3005	250.4	0.00
8	3005	250.4	3005	250.4	0.00
9	3002	250.2	3005	250.4	-0.25
10	3000	250.0	3005	250.4	-0.42
11	3006	250.5	3005	250.4	0.08
12	2998	249.8	3005	250.4	-0.58
13	2987	248.9	3005	250.4	-1.50
全数平均	—	250.5	—	250.4	0.06

全数での平均を集計すると、システム計測値とほぼ同じ値となる

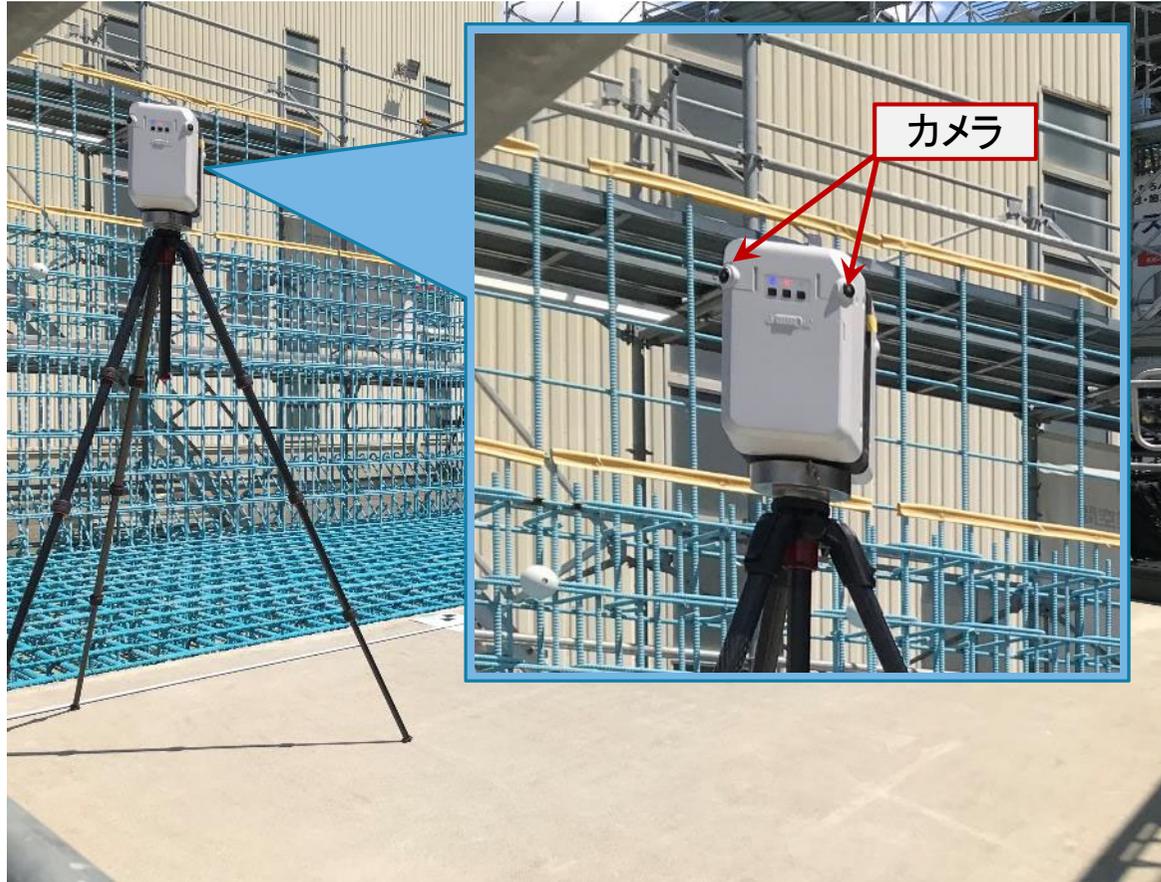
4. スキャナの開発

① 鉄筋の3Dスキャン（3Dレーザースキャナによる計測状況）



4. スキャナの開発

① 鉄筋の3Dスキャン（開発中の3Dレーザスキャナについて）



昨年の4月より共同開発を実施
現在は試作2号機となり、カメラを機体の4隅に配置。
同時に撮影した色データを点群に付加することでカラー点群を生成。

計測時間比較（秒）

	試作機	A社
20mm@10m	0:20	5:40
10mm@10m	1:30	7:00
3mm@10m	13:10	33:50

5. 効果と課題

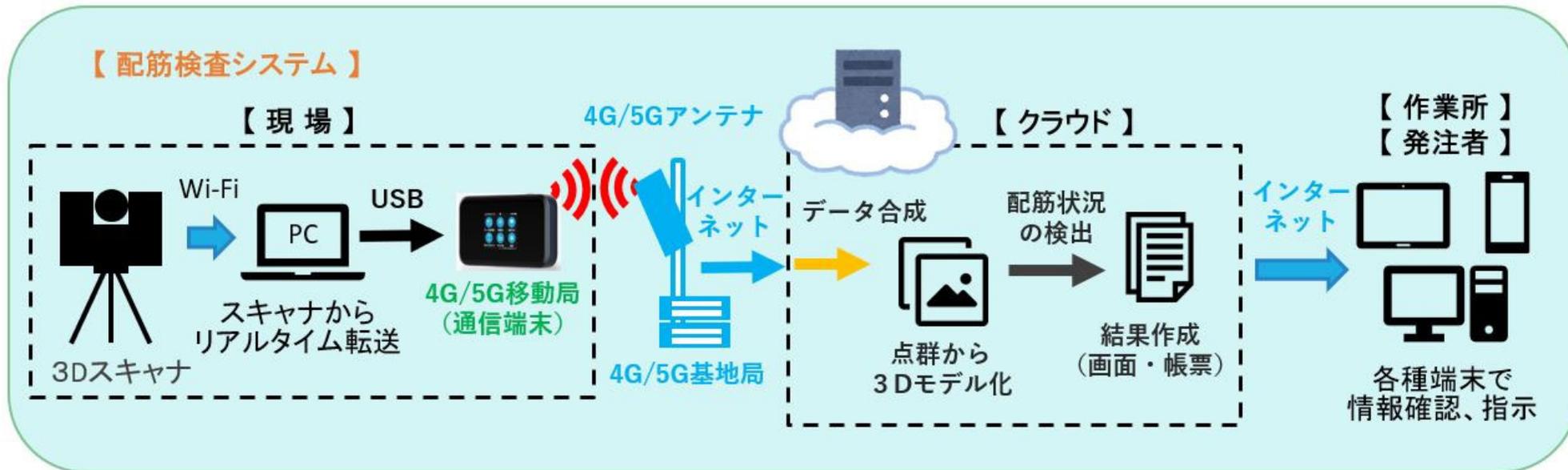
- 3Dレーザースキャナを使用をした場合、1名での計測作業が可能となり、作業時間も短縮。
- 成果作成についても、データ編集を分業する事で、計測者の負担も軽減することが可能となった。

課題

- **テキストのみの出力から発注者毎の帳票に対応。**
- **点群データから帳票作成までの自動システム化を実施し、さらなる省力化を図る。**

5. 効果と課題

現在開発中のスキャナの点群データを転送する機能と5G通信の高速大容量転送の特徴を活用して、現場の計測データをリアルタイムでクラウド上へ転送。それらのデータ解析とデータベース化を自動で実行、確認するようなシステムに構築したい。



6. まとめ

- 3Dレーザースキャナの鉄筋検査での有効性は確認できた。
- スキャンのタイミングを工夫し、作業進捗も含めた配筋状況のデータベースからトレーサビリティを確保。
- 将来的に補修が生じた場合や維持管理にも有効に活用。
- 類似工事の施工前に鉄筋組立のシミュレーションを実施することで構造物の品質向上。
- 将来の技術者へ向けた配筋の教材として使用。

以上より、

点群データの活用について様々な可能性が考えられる。



ご清聴ありがとうございました



信用と技術の
鉄 建