

自動キャリブレーション機能付土量管理システムの開発

清水建設株式会社 土木技術本部 正会員○飯田 真啓
 清水建設株式会社 外環大泉シールド作業所 正会員 前田 俊宏
 清水建設株式会社 外環大泉シールド作業所 正会員 西村 直樹
 東日本高速道路株式会社 関東支社 東京外環工事事務所 佐々木 博昭
 東日本高速道路株式会社 関東支社 東京外環工事事務所 滝沢 諒

1. はじめに

泥土圧シールドでは、スクリーコンベアより排土された掘削土はベルトコンベアに乗継し坑外へと運搬される。従来の掘削土量管理では、ベルトコンベアに設置したレーザースキャナによる体積と、ベルトスケールによる重量を計測(図-2のリアルタイム計測部)し、理論排土量に対し上限・下限の管理値を設けて管理している(図-1)。しかし、計測ではベルトコンベア上の土砂堆積の形状や計測機器自体により数パーセントの誤差を生じる。この誤差に相当する土量は大断面シールドであるほど大きくなるため、計測誤差を低減して排土量の管理精度を向上する必要がある。本稿では、排土を一時的に貯留して体積・重量を高精度計測器で計測することで二重の計測ができ、ベルトコンベア上での計測結果を補正できるシステムを開発し、実証実験を行った結果について報告する。

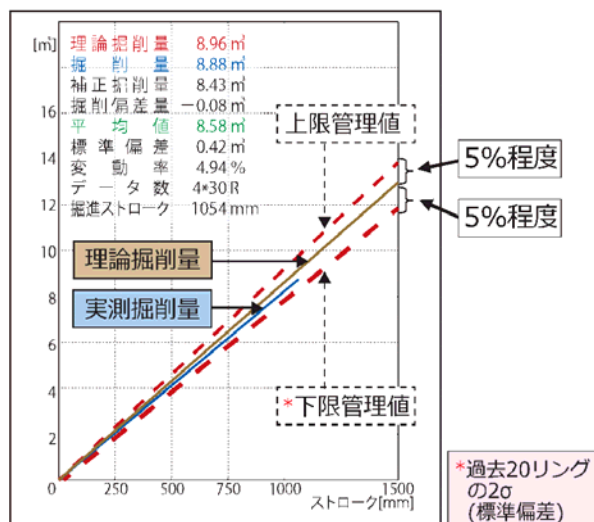


図-1 既存の掘削土量管理手法概念

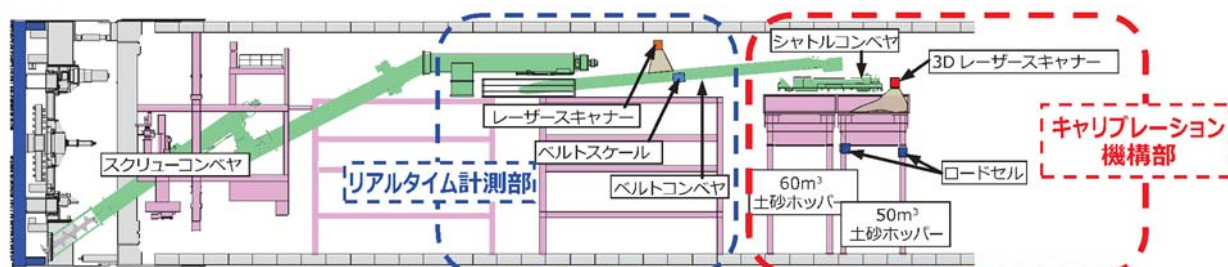


図-2 自動キャリブレーション機能付土量管理システム模式図

2. キャリブレーション機構部の開発と実証実験

自動キャリブレーション機能付土量管理システム模式図を図-2示す。2次元レーザースキャナ(以下2D)とベルトスケール(以下BS)は掘削開始から終了まで計測値の積算処理を行う。キャリブレーション機構部では、掘削中の一部区間の掘削土を専用の土砂ホッパーに貯留し、3次元レーザースキャナ(以下3D)による体積の計測と土砂ホッパーに取付けたロードセルによる重量の計測を行う。

キャリブレーション機構部の実証実験は、図-3に示すよ

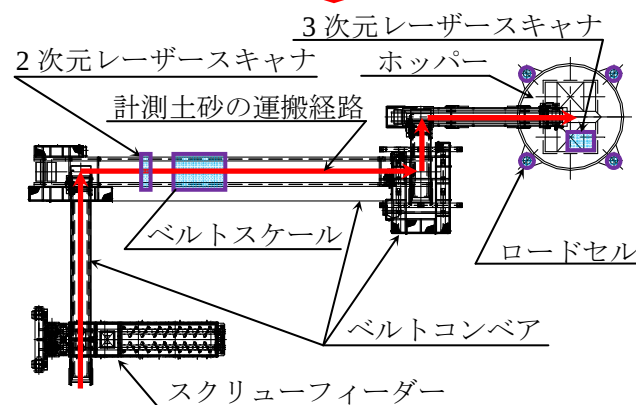


図-3 実験設備配置平面図

キーワード 土圧シールド, キャリブレーション, 土量管理, ベルトコンベア

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株)土木技術本部 TEL: 03-3561-3892

うに土砂を排土するスクリーフィーダーとベルトコンベアを配置し、2D と BS で土砂を測定した。計測開始後にベルトコンベアを稼働させホッパーへの土砂投入を開始し、計測終了後にコンベアを停止する。このような実験装置によってホッパー内に貯留した土砂の体積を3Dで、重量をロードセル(以下LS)で計測した。実証実験のフローを図-4に示す。

3. 実験結果と考察

2D と BS の計測値を比較検証した実験データを表-1に示す。結果として、体積計測については、2D 計測値は3D 計測値に対し平均 124%の補正が必要であった。この平均値で 2D 計測値を補正することで体積誤差率の平均はほぼ 100%となった(体積誤差率=2D 計測値×補正係数 V_r /3D 計測値)。重量計測については、BS による計測値は土砂ホッパー搭載 LS による計測値に対し平均 96%の補正が必要であった。この平均値で BS 計測値を補正することで重量誤差率の平均は 99.9%となった(重量誤差率=BS 計測値×補正係数 W_r /LS)。また、本実験では土砂ホッパーの空容量を 3D で計測し図面から算出された体積容量と比較することで、3D の計測精度を確認した結果、容積計測精度の平均が 0.122%と高精度であった(表-2)。

表-1 実証実験データ

体積計測	1日目	2日目	3日目			5日目	6日目	平均値	
2次元レーザースキャナ計測値2D[m³]	12.75	8.15	8.20	8.41	8.35	8.89	7.76	8.00	8.81
3次元レーザースキャナ計測値3D[m³]	15.55	9.66	10.09	10.59	10.54	11.18	9.70	10.09	10.93
体積補正係数 $Vr=3D/2D[\%]$	122	119	123	126	126	126	125	126	124
補正計算値 $2D \times Vr[m³]$	15.81	10.11	10.17	10.43	10.35	11.02	9.62	9.92	10.93
体積誤差率 ($2D \times Vr$)/3D[%]	102	105	101	98	98	99	99	98	99.99

重量計測	1日目	2日目	3日目			5日目	6日目	平均値	
ベルトスケール計測値BS[t]	22.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	17.00	18.00	18.38
ホッパー搭載ロードセル計測値LS[t]	22.93	15.11	15.77	17.11	17.79	18.89	17.01	17.14	17.72
重量補正係数 $Wr=LS/BS[\%]$	104	94	92	95	93	94	100	95	96
補正計算値 $BS \times Wr[t]$	21.12	15.36	16.32	17.28	18.24	19.2	16.32	17.28	17.64
重量誤差率 $BS \times Wr/LS[\%]$	92	102	103	101	103	102	96	101	99.90

2D 計測値は、ベルトコンベア上の土砂堆積量に依存せず一定の誤差を含んでいる(計測値=土量+誤差)。土量が少ないと計測中の誤差の占める割合が多くなり、2D 計測値の計測精度は低下する。10 リング程度のまとまった体積補正係数の平均値を適用することで、体積誤差率が 105%になっても収束することができる。

BS 計測値は、計測時間中の通過土砂重量の累積である。1 日目を除き LS 測定値より大きい測定値になることが多い傾向が見られた。

4. まとめと今後の課題

3D と LS にて計測し補正する本システムの効果を実証実験で確認した。但し今後の施工段階においての課題として、下記の事項が挙げられるため、これらについて更なる改善を図っていく。

1)3D は影になる計測面があると計測精度が低下するため、全面計測できる設置箇所を検討する必要がある(図-5)。

2) 3D は精密機械であり粉塵や振動に対する耐久性が弱いので、防護方法を検討する必要がある。

謝辞：本開発は東京外かく環状道路本線トンネル（南行）大泉南工事で受託した技術開発業務（技術開発 A:モニタリング技術の開発）で実施したものである。本開発に際してご協力、ご助言いただいた関係各位に感謝の意を表します。

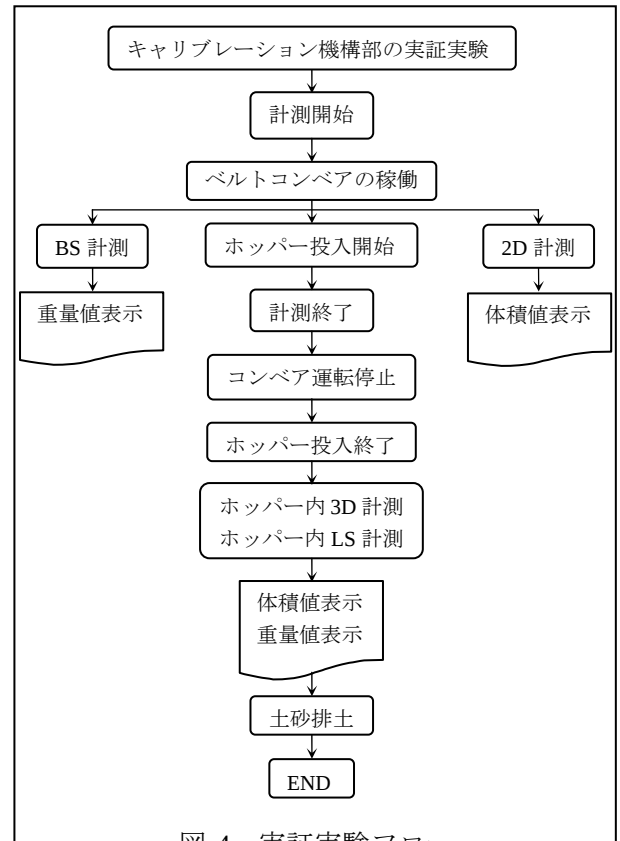


図-4 実証実験フロー

表-2 3D による土砂ホッパーの空容量計測

キャリブレーション	1回目	2回目	3回目	4回目	平均値
土砂ホッパー 計算容量DP[m ³]	30.27	30.27	30.27	30.27	30.27
3次元レーザースキャナ 計測値3D[m ³]	30.25	30.234	30.181	30.267	30.233
計測誤差 3D-DP[m ³]	-0.020	-0.036	-0.089	-0.003	-0.037
容積計測精度 DP/3D[%]	0.066	0.119	0.295	0.010	0.122

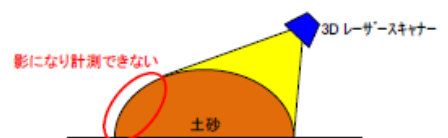


図-5 3D レーザースキャナ計測