

17. 重量自動計測システム

西松建設(株)：棕木 淳二・阿部 勉
 マイクロダイナミックス(株)：隈本 進

1. はじめに

近年のシールドトンネルに用いられる工法は、圧倒的に土圧系、泥水系で占められるようになってきた。なかでも土圧系のシールドは、泥水系のシールドに比べ、泥水処理設備等に係る仮設備の敷地面積が少なく済み、適用土質の範囲も比較的広いという特徴を有していることから、各種のトンネルに使用される例が多くなっている。この土圧系シールド工法における施工管理上の問題として、土圧管理、土量管理等があげられており、これらの計測、管理が非常に重要視されている。

これは、掘進量に相当する量の掘削土を排土することによって切羽の安定を図り、周辺地山への影響を極力少なくすることで推進を継続するのが土圧系シールド工法の施工管理上の重要ポイントとなっていることによる。

掘削土量の計測装置としては、重量測定タイプと体積測定タイプがあり、重量測定タイプではロードセル、体積測定タイプではレーザーや超音波などが利用されている。これらの計測装置の測定精度は±5～15%前後というのが現状のレベルであるが、排土量を計測管理するためには大がかりな計測システムや高額・デリケートなセンサなどが必要とされることなどのため、現場サイドとしては手軽にこのようなシステムを採用しにくい状態であった。

本システムは、現場サイドが手軽に採用できるように極めて簡単な設置工事だけで高精度の土量が計測できるようにしたものであり、シールド工事では実施例のない計測方式である歪ゲージ方式を採用した初めての例である。

本稿では、このシステムの概要と使用結果について紹介する。

2. システムの概要

図-1 にシステムの概要図、図-2 にブロック図を示す。

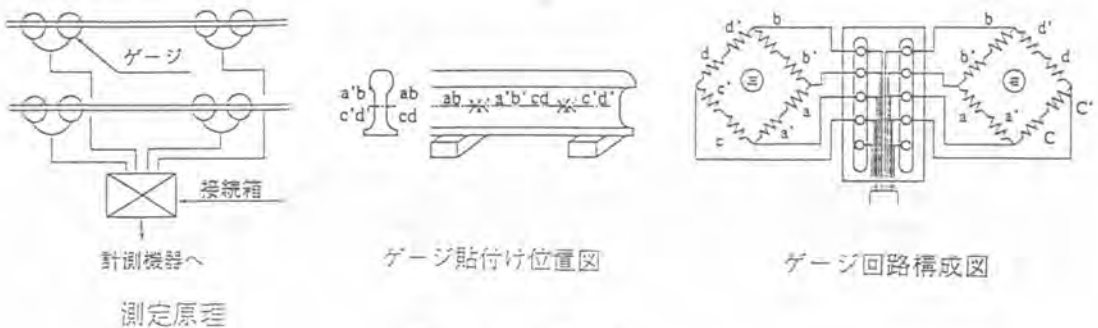


図-1 概要図

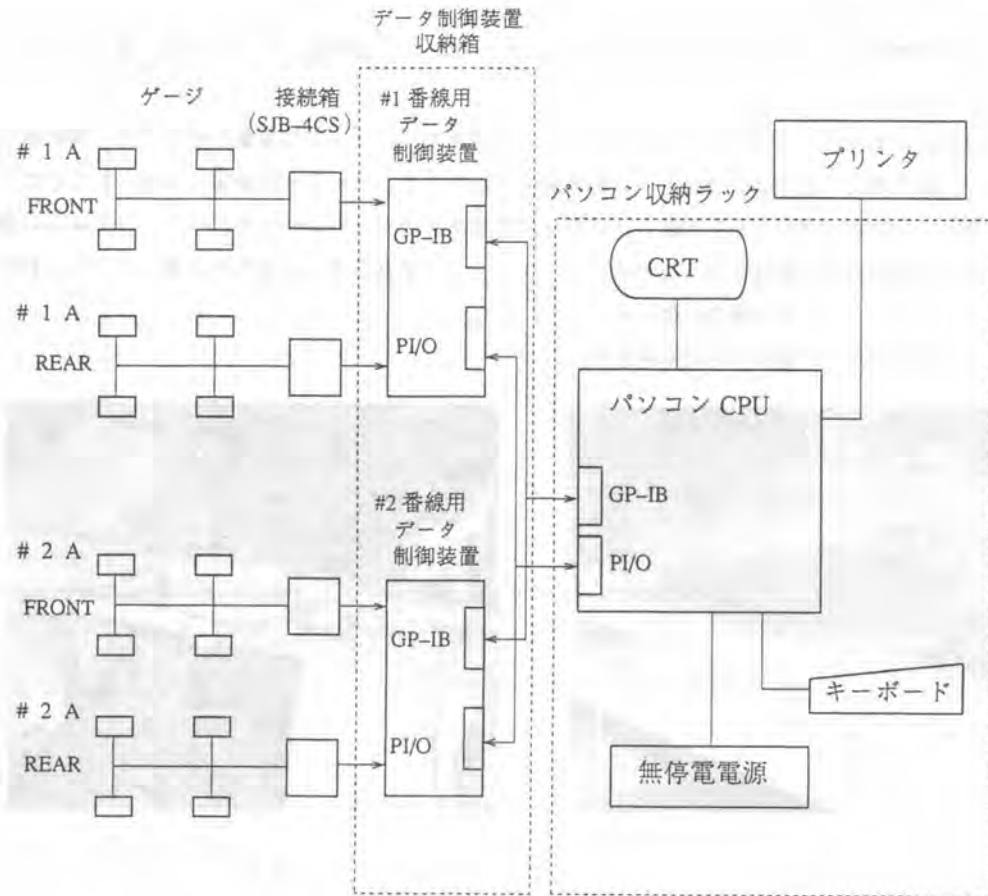


図-2 重量自動計測システム ブロック図

2-1 システムの原理

金属は、自身が歪むとき、その金属固有の電気抵抗が変化するという性質を持っており、その性質を利用したゲージが歪ゲージである。

この歪ゲージをレールの両側に各2枚貼り付け、各ゲージを電気工学でいうところのブリッジ回路に組み込み、レール上を通過する物体の重量によって歪むレールと同調して歪むゲージの電気抵抗値を測定し、荷重の大きさを知るといのが本システムの原理である。

本システムでは、ズリトロの重量を計測するために前述のような原理を利用しているが、実計測においてはレール上を通過するズリトロの車軸ごとの重量を計測するようにしたため、ブリッジ回路を前車軸用に2ヶ所、後車軸用に2ヶ所の計4ヶ所に設置した。

このようにして計測された軸重から、ズリトロの重量を算出し、予め測定してある空のズリトロ重量を差し引くことによって、ズリトロに積載された排土の重量をパソコンに算出するという形でこの原理を応用している。

2-2 システムの構成

システムの構成は図-2のブロック図に示すように、ゲージ、接続箱、データ制御装置、パソコン、プリンタから成っている。

ゲージは2-1の原理で説明したようにレール上を通過するブリトロの重量を検出する。接続箱内でブリッジ回路を構成し電気抵抗値をデータ制御装置に送付する。データ制御装置では送られてきたデータが必要な信号であるかどうかを判断し、必要な信号であればパソコンへ送る。パソコンではこの信号を演算処理し掘削土量の管理を行うことになる。プリンタは演算処理した結果を必要に応じて自動的にプリントアウトし、日報等の書類を整える。

写真1、2にゲージの貼り付け状態を示す。



写真1



写真2

3. 使用結果

本システムを平成4年3月から名古屋市の高速度鉄道第6号線阿由知通工区新設工事に導入したが、そのときのデータの解析例を表-1、2に示す。

掘削土量検算解析例 (1日 5月分)

【基本データ】		【諸元】			
比尺 =	1:200	掘削土量	7218.0	T	13788.0
掘削土量	36.6	測定掘削土量	7504.6	分岐	174.82
	1/2	測定掘削土量	286.6	総掘削量	13.222
		測定掘削土量	4.0		

項目	日付	掘削	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	小計	計
掘削土量	200.5							240.6	360.9	360.9	360.9		360.9	360.9				1804.4	2406.0
測定掘削土量(m)	200.8							243.4	359.5	380.7	372.4		372.3	363.4				185.9	2481.3
測定掘削土量	9.3							2.8	-1.4	18.8	14.5		11.4	22.5				5.5	75.3
掘削土量T	363.0							459.6	689.4	689.4	689.4		689.4	689.4				306.4	4596.0
測定掘削土量T	363.3							464.8	686.7	727.1	717.1		711.1	732.2				316.5	4739.3
測定掘削土量	0.3							5.2	-2.7	37.7	27.7		21.7	42.8				10.4	143.3
分岐	5							6	9	9	9		9	9				4	60

項目	日付	掘削	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	小計	計
掘削土量	360.9		360.9	360.9	360.9	360.9	360.9	360.9	360.9	360.9		360.9	301.0	401.0	360.9	401.0	360.9		4812.0	7218.0
測定掘削土量(m)	375.7		375.5	381.7	381.7	370.1	373.6	373.5			375.7	413.7	418.7	376.7	423.3	377.7			5023.3	7504.6
測定掘削土量	14.8		14.4	20.8	20.8	9.8	11.9	12.6			14.8	12.7	17.7	15.8	24.3	16.8			211.3	286.6
掘削土量T	689.4		689.4	689.4	689.4	689.4	689.4	689.4			689.4	766.0	766.0	689.4	766.0	689.4			9192.0	13788.0
測定掘削土量T	723.3		716.9	723.1	729.0	708.0	712.1	712.5			717.6	790.1	799.7	719.5	812.4	721.5			9504.5	11233.8
測定掘削土量	33.9		27.5	33.7	39.6	18.6	22.7	23.9			28.2	24.1	23.7	30.1	46.4	32.1			192.5	545.8
分岐	9		9	9	9	9	9	9			9	10	10	9	10	9			120	180

表-1

排土量測定結果解析 (1冊)

【基本データ】		【結果】				
比重	= 1.91 t/cm ³	理論排土量	m ³	T	分散	11.864
理論排土量	76.6 T/R	測定排土量	40.1	76.6	標準偏差	3.4444
		測定-理論	41.9	80.0		
		誤差(%)	1.8	3.4		
			4.4	4.4		

	RNo	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	平均
理論排土量	m ³	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1
測定排土量		44.0	41.6	41.4	41.2	41.7	41.6	38.7	39.8	45.0	43.7	41.9
測定-理論		3.9	1.5	1.3	1.1	1.6	1.5	-1.4	-0.3	4.9	3.6	1.8
理論排土量	T	76.6	76.6	76.6	76.6	76.6	76.6	76.6	76.6	76.6	76.6	76.6
測定排土量		84.1	79.4	79.0	78.7	79.6	79.4	74.0	76.1	85.9	83.5	80.0
測定-理論		7.5	2.8	2.4	2.1	3.0	2.8	-2.6	-0.5	9.3	6.9	3.4

表 - 2

本システムの導入は、ソフトウェアの構築から現場運用まですべて0からのスタートであったため、当初想定していなかった事象が現れたり、不具合点や問題点が発生し、予想通りの動作を確認するためかなりの紆余曲折があったりしたが、従来の測定方法に比べても精度的には遜色のないシステムであった。

4. 考察

本システムの最大の特徴はシンプルなことであるが、使用してみた結果から長所、短所を列挙してみると以下ようになる。

【長所】

- ① 構造が簡単であるため故障が少なく、メンテナンスとしては歪ゲージの貼り替え程度が挙げられるだけである。(歪ゲージの寿命は約1年)
- ② ゲージを貼り付けたレールの位置を変えることより、測定位置を自由に選択できる。
- ③ 測定精度が従来方式に比べ高い。
- ④ コスト的に有利である。

【短所】

- ① 測定時期にある程度のタイムラグを生じる。
- ② 1リング分の排土量を、測定したズリトロの軸数で判断したため、ズリトロの編成が変わると測定ができない場合があった。
- ③ 比重設定によって測定精度にばらつきが生じる。
- ④ レールと枕木の固定を確実に行わないと歪にばらつきが生じ、データの再現性に問題を残す。

これらの短所のうち②～④については、ソフト、ハードとも今後、十分対応可能な項目であるので、この問題点は比較的容易にクリアできるものとする。①の項目については、重量測定タイプの宿命的な問題であるので、他方式との共用等で対処していく所存である。