

## (24) 衝撃加速度測定システムのワイヤレス化

(財) 電力中央研究所 白井 孝治  
伊藤 千浩

### 1. はじめに

衝撃現象において、計測の対象となる物理量は、微小時間内における変化に重要性を有するものが多く、実験開始から衝突完了時点までの全過程にわたり、詳細な情報を高精度に伝送する必要がある。特に、高速で移動する物体が、他の物体に衝突した際に発生する衝撃加速度等の計測においては、有線を利用した計測は極めて困難である<sup>1)</sup>。そこで、無線回線を利用したワイヤレス測定システムを試作し、測定精度について検討を行った。

### 2. 計測システムの概要

#### 2.1 計測システムの概要

図 2.1 に、衝撃実験におけるワイヤレス計測システムの概要を示す。本システムは、移動物体の送信部と地上側の受信部により構成され、送信部は、センサー・送信機・電源・送信アンテナが組み込まれる。衝突時の移動物体に発生する衝撃加速度は、高振動数が卓越し、そのピ

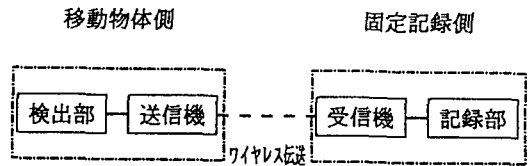


図 2.1 ワイヤレス計測システムの概略構成

ーク値も非常に大きいことが予想されるため、計測データを広帯域および高S/N比でワイヤレス伝送する必要がある。そこで、以下の点に留意して計測システムを構成した。

- ① アンテナの設置方法：受信アンテナは受信機への入力の著しい変動を避けるため、静止位置から衝突位置まで物体の進行方向と平行に設置した。
- ② 伝送方式：ワイヤレス計測システムの主搬送波の伝送・変調方式は、S/N比に優れ、外部雑音や妨害に対して割合に強い周波数変調（FM）を採用した。
- ③ 応答周波数：送・受信機の応答周波数については、通常D.C～1KHz のものを20Hz～30KHzに拡張した。
- ④ 緩衝機構：移動物体に搭載される送信部の耐衝撃性能を向上させるため、送信機の小型軽量化を図り、樹脂等を充填して、緩衝機構を設けた。

#### 2.2 測定精度の検証

表 2.1 に、試作したワイヤレス計測システムの総合仕様を示す。送信部は、送信機（KYOWA MRT-200A）と送信機用電源（KYOWA MRT-210B）と送信アンテナで構成され、受信部は、受信機（KYOWA MRT-220B）と受信アンテナで構成される。

表 2.2、表 2.3 に、送信機および受信機的主要仕様を示す。また、図 2.2 に受信機の振幅・遅延特性を示す。受信機の振幅特性が1KHzを超えると減衰するため、これより高い周波数成分は現象波形よりカットされ、応答周波数に応じて、現象波形に遅延時間（時

表 2.1 ワイヤレス計測システムの総合仕様

測定点数	1点
適用ブリッジ抵抗	350Ω～1KΩ
ブリッジ電圧	2VDC
感度設定器	500, 1500, 5000×10 <sup>-6</sup> ひずみ p-p
出力	1V p-p以上 (1KΩ以上の負荷) 20mA p-p以上 (30Ω負荷)
許容最大入力	160% FS (非直線性±1%以下にて)
応答周波数	20Hz～30KHz
ノイズ	入力換算 10×10 <sup>-6</sup> ひずみp-p以下
零点調整範囲	各レンジにおいて 70%FS

間遅れ)が発生する。

試作したワイヤレス計測システムの測定精度を確認することを目的として、模型を用いて自由落下試験を実施し、ワイヤレス計測と有線計測との測定精度の比較を行った。

図 2.3 に、自由落下試験の概要を示す。試験体にひずみゲージ式の加速度計を2個取付け、一方は、有線で直接データレコーダーに接続し、他方は、ワイヤレス送信部に接続した。

図 2.4 に、ワイヤレスならびに有線で計測された試験体落下時の加速度波形を示す。両者の波形とも最大値ならびに現象時間はほぼ一致している。また、ワイヤレス計測された波形は、有線で計測された波形に比べて、受信機の周波数特性により滑らかであり、波形の立上りに時間差がみられる。なお、この波形の立上りの時間差は、図 2.2 を用いて補正することが可能である。

以上の結果より、ワイヤレス計測の測定精度は、有線計測とほぼ同等の測定精度を有していることが判明した。

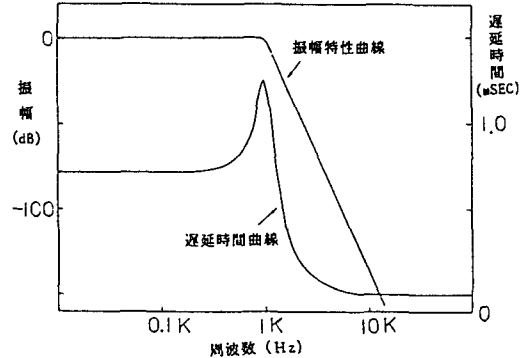


図 2.2 受信機の振幅・遅延特性

表 2.2 送信機的主要仕様

名称	KYOWA MRT-200A
変調方式	FM方式
主送周波数	99.8 MHz
伝送距離	15m以上
安定度	零点移動 ±2% 感度変化 ±6%
電源	DC 2.3~2.7 V
外形寸法・重量	φ25x21mm・21g

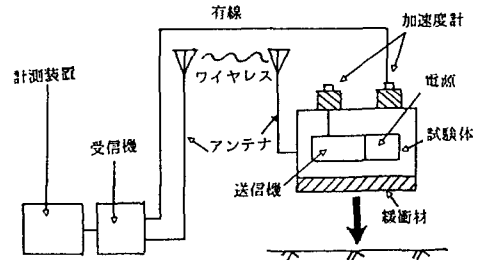


図 2.3 自由落下試験の概要

表 2.3 受信機的主要仕様

名称	KYOWA MRT-220B
受信方式	ダブルスーパーヘテロダイン方式
受信周波数	88~108 MHz
入力インピーダンス	75Ω 不平衡
出力インピーダンス	10Ω
受信感度	20 dBμ
電源	AC100V±10V 10VA以下
外形寸法・重量	99x142x264mm・2.7kg

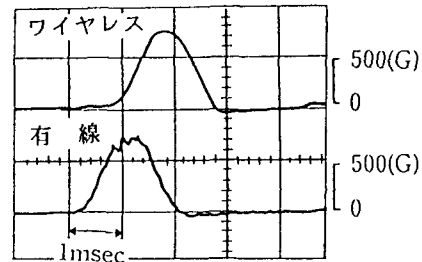


図 2.4 加速度波形の比較

### 3. 高速飛来物の衝撃加速度のワイヤレス計測

上述のワイヤレス計測システムを用いて、高速で飛来する物体が、コンクリートスラブに衝突した際に発生する衝撃加速度の計測を行った。

図 3.1 に、高速飛来物の衝撃実験の概要を示す<sup>2)</sup>。高速飛来物の重量は 100 kgf、衝突速度は 40 m/s で、厚さ 40 cm のコンクリートスラブに衝突させた。

また、図 3.2 に、飛来物に搭載した送信部の概要を示す。送信部は、圧電型加速度計、チャージアンプ、送信機、送信用電源で構成され、送信機の耐衝撃性を向上させるため、シリコンダンパー（緩衝材）を採用した。

図 3.3 に、飛来物に発生した加速度波形のピーク（約 8000 G）付近の拡大図を示す。衝突後、約 400  $\mu$  sec において加速度波形がシフトしているが、これは加速度計とケーブルとの接続部がネジ止めとなっており、接触不良を起こしたためと考えられる。このシフト量を考慮して、現象時間内における波形の面積を求めると、初速（40 m/s）とほぼ良い一致を示しており、計測システムがほぼ正常に作動しているものと考えられる。また、実験後の検査で送信部にも異常が認められず、緩衝材も良好な機能を果たしたことが確認された。

#### 4. おわりに

本システムは、高速で飛来する物体の衝撃加速度を計測することを目的として、ワイヤレス計測システムを試作し、衝撃実験に適用した結果、良好な結果が得られることが判明した。しかしながら、試作した計測システムは、一般の通信方式に準ずるものであり、耐衝撃性、信頼性、小型軽量化等の通信技術が向上することにより、多チャンネル化や測定精度の改善が期待される。

最後に、試験の準備・計測に当っては、エンター電子工業（株）榊原信之氏、酒井春樹氏、共和電業（株）在田義雄氏他の方々の多大な御協力を戴き、謝意を表したい。

#### 参考文献

- 1) 白井 他；新しい衝撃現象計測装置の開発，機械技術研究所研究会，1984. 2
- 2) 伊藤、白井、大沼、能町；飛来物の衝突に対するコンクリート構造物の設計手法，J C I コロキウム，「RC 構造のせん断設計法に関する解析的研究」論文集，1989. 10

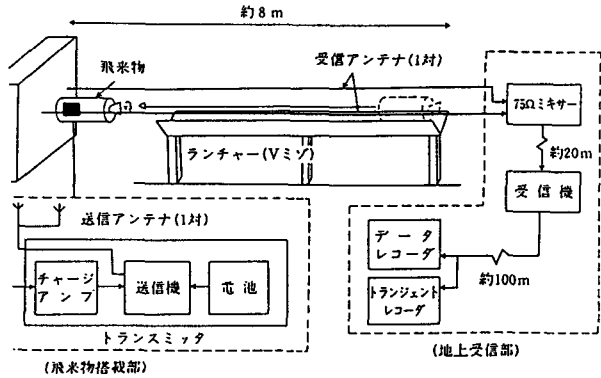


図 3.1 高速飛来物の衝撃実験の概要

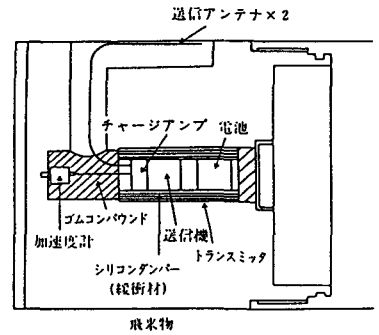


図 3.2 送信部の概要

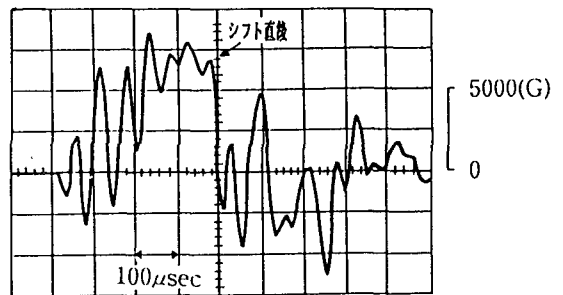


図 3.3 飛来物の加速度波形