

遠心力載荷装置における無線LANを用いた 高速データ計測システムの開発

井合進・飛田哲男・宮本順司・稲積真哉*・清水博樹・関口秀雄

* 京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻

要 旨

京都大学防災研究所現有の遠心力載荷装置において、無線LANを用いた高速データ計測システムの構築を行った。まず観測室内で無線LAN環境整備・1g場での動作確認を行い、次に遠心場でのシステムの安定性を確認した。本システムは汎用性の高い普及型の機器で構成されるため、将来の技術革新にも即応できる。また本システムは、構内のV-LANポートを使用するため、個人のPCに特別なソフトを導入することなく計測制御からデータ取得までを容易に行うことができる。

キーワード：遠心力載荷装置、無線LAN、データ計測

1. はじめに

地盤災害工学において基本となる遠心模型実験では、高速で回転する遠心模型場と、1 g 場に静止している観測室との2つの異なる場を連結する形で、大量かつ高速のデータ通信が必要である。このため、従来は、物理的接触を通じて電気信号を通信するスリップリング方式を用いてきたが、この方式では、計測チャンネル数、データ通信速度の制約が著しく、この分野の研究の飛躍的発展の阻害要因の一つとなっていた。本研究では、高速回転場と静止観測室との高速データ通信手段として、無線LANを用いたデータ計測システムを開発する。本システムは遠心力場搭載PC、静止観測室設置PCおよびシグナルコンディショナーから構成される。本研究では、遠心力場における電磁的ノイズ環境における無線結合、高速回転場と静止観測場との連続的無線結合、などの技術的課題を解決していくことが中心課題である。

2. 装置の概要とシステム構成

京都大学防災研究所の遠心力載荷装置の模式図をFig. 1に示す。有効半径は2.5m, 容量は24g・tonである。ここでgは重力加速度である。詳細は北ら(1989)参

照。

本遠心力載荷装置の計測システム構成図をFig. 2に示す。同図に示すように、本装置は、静ひずみと動ひずみを計測する二系統を有する。静ひずみ計測は、静的載荷試験など比較的長いサンプリング間隔でデータを取得する場合に用いられる。この系統ではスリップリングを介したデータ転送方式が用いられている。一方、今回開発したのは短いサンプリング間隔が要求される動ひずみ計測系統である。データ転送にスリップリングを介さないところに特徴がある。

動ひずみ計 (Fig. 1中⑧) とそれを制御するラップトップコンピュータ (⑩) は、アーム上回転中心付近に設置されている。アーム上のPCと観測室内のPCは、観測室内の無線LAN用ハブ (③) を介して接続される。

使用する動ひずみ測定装置はDC-104R (東京測器製) である。Table 1にその仕様の概略を示す。この装置はUSB接続によってアーム上のPCに接続され、専用のソフトウェアを用いてPC上で計測制御を行う。アーム回転中は、観測室内のPCからWindowsXP付属の「リモートデスクトップ」機能を使い、アーム上のPCにアクセスし計測装置を制御する。このように汎用性の高い市販機器を組み合わせることで計測ステ

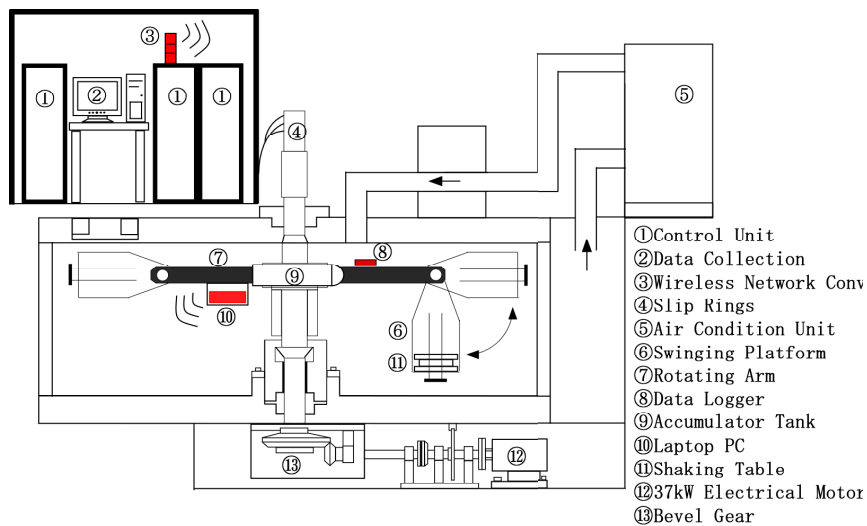


Fig. 1 Schematic view of the DPRI centrifuge

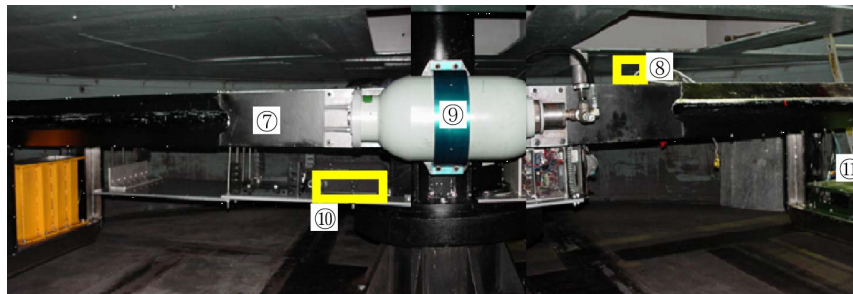


Photo 1 Side view of the DPRI centrifuge

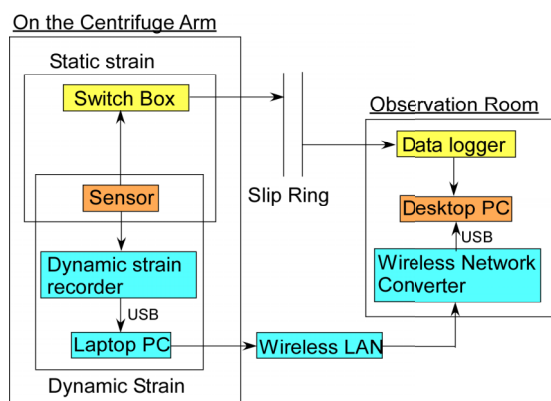


Fig. 2 Flow of data transmission

ムを構築することによって、急速に発展するIT関連技術に対応することが可能となる。

3. 動作確認

本研究は、遠心力载荷装置のオペレーション上の安全性に配慮し、以下のように複数の研究段階を設け、各段階での成果を確認した上、次のステップに進む形で進めた。主なステップは、(1)静止室内場に

Table 1 Specification of the dynamic strain recorder

Dimension	84(W)x42(H)x157(D)mm
Weight	Approx. 500 gr.
Power source	DC10-16V
Number of Channels	4
Measuring range	$\pm 20,000 \times 10^{-6}$ strain
Frequency response	DC to 1kHz
Sampling intervals	50 μ s to 100ms
Data size	1k to 48M word

における無線LAN・センサーシステム群のソフト設計と動作テスト、(2)遠心力载荷実験施設における計測システムのハード設計と静止状態でのシステムの動作テスト、(3)1G場での無負荷振動試験、(4)遠心力载荷時の動作テスト、(5)遠心力場での振動試験計測からなる。以下では上に述べた(3)から(5)について、本計測システムを用いて計測された結果を示す。

3.1 1G場での無負荷振動試験

観測室内のPCとアーム上のPCとの無線LAN接続を

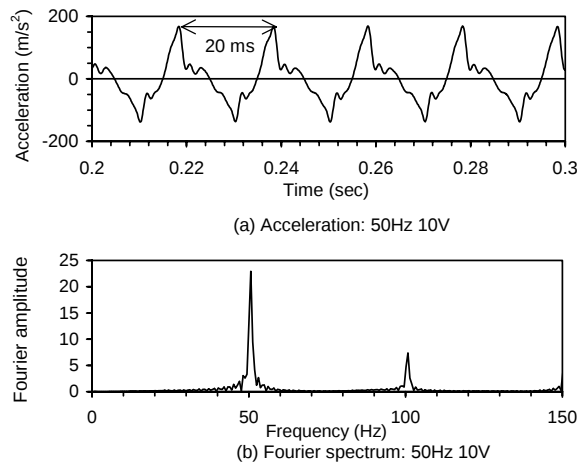


Fig. 3 Shaking test under 1G

確認した後、振動台使用時に発生するノイズ等が無線LANシステムに与える影響を調べるため、1g場においてプラットフォーム上に固定した振動台上に加速度計を取り付け、入力加速度の振動数と振幅を変えた振動実験を行った。Fig. 3に入力振動数50Hz、振動台への入力電圧を10Vとした場合の計測結果を示す。同図(a)に示すように、振動数50Hzのほぼ正弦波状の波形が記録されている。また同図(b)に示すフーリエスペクトルを見ると50Hzに大きなピークが現れており、計測上問題はないことが確認された。

3.2 20g場での遠心力载荷試験

続いてアームを高速回転させた場合の無線LAN接続の安定性を調べるために、プラットフォーム付近の遠心加速度が20gとなるよう設定して計測を行った。計測は、遠心力の载荷から除荷まで約13分間とし、回転半径方向の遠心加速度 (Fig. 4(a))、ラップトップPC付近の遠心加速度 (Fig. 4(b))、および145mm水深での水圧 (Fig. 5) について行った。その結果、本システムが安定して所期の性能を保持することが確認された。

3.3 20g場での振動実験

次に、遠心場において振動台を作動させた場合に、その振動が計測システムに与える影響について調査した。Fig. 5に示す飽和砂地盤を作成し、20gの遠心場において振動させたときの入力加速度 (ACC1)、地表面加速度 (ACC2) (Fig. 6)、地表面下1mおよび3mにおける間隙水圧 (PPT2およびPPT1) (Fig. 7) を計測した。入力に用いた加速度は20波、模型スケールで30Hz、最大加速度振幅4G (実物スケールで1.5Hz、0.2G) の正弦波である。Fig. 6と7より、本ケースにおいても、無線LAN計測システムの安定性が

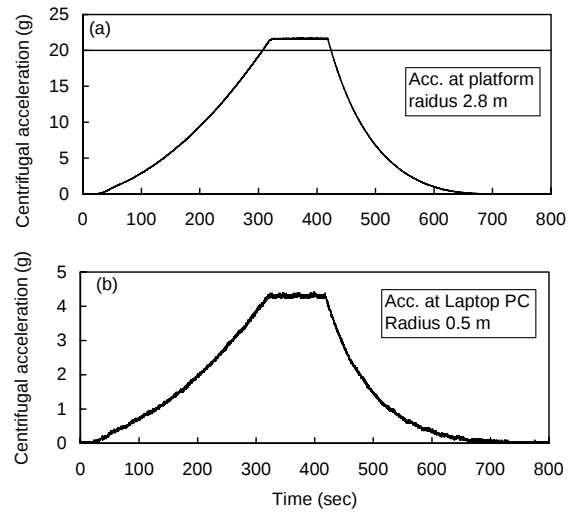


Fig. 4 Measurements of centrifugal acceleration.

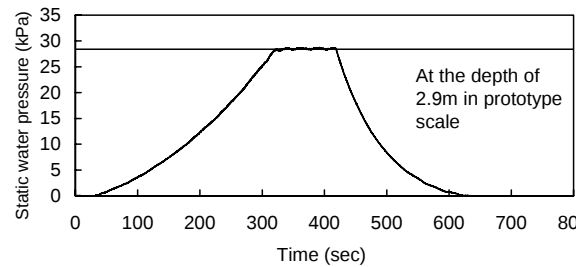


Fig. 5 Measurement of static water pressure.

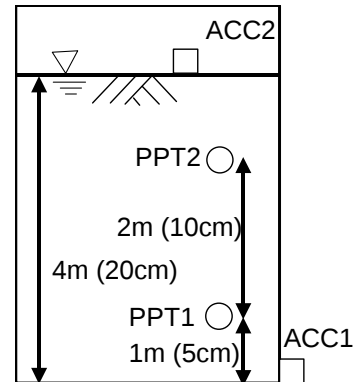


Fig. 6 Model setup for dynamic test

確認された。

4. 結論

本研究の最終段階では、以下のような遠心力場無線LAN高速データ計測システムの開発に成功した。

- (1)汎用性の高い普及型の機器により構成し、急速に高性能化するIT関連技術を、本システムの一部のみの更新により随時導入できるよう、柔軟で、発展性・成長性のあるシステムである。
- (2)基本システムとしてリモートデスクトップ方式を

採用した。これは、高速回転場上のPCを、静止観測室内のPC画面上で直接操作するもので、この方式により、観測者はあたかも高速回転場上のPCを操作している感覚で操作上の機動性が高められるとともに、高速回転場上のPCとセンサー類が直接ケーブル類で接続されているため、電磁的ノイズ環境でも精度よく安定した計測が行える。

- (3)実験棟内のV-LANのポートに接続して、実験棟と離れた防災研究所内の研究室や京都大学本部での関連研究室へのデータ送受信が容易なシステムである。リモートデスクトップ方式なので、持込んだPCに計測器関連ソフトやドライバーなどをインストールする必要はない。
- (4)本計測システムでは、基本システム構成における高速データ計測能力として、データ取得時間間隔0.2ms、8ch、13分間のデータ記録性能が確認された。

あとがき

本遠心力载荷装置は1987年に設置され、以降、地盤防災解析、土砂環境、地球環境学、地盤工学など各種専門分野で共同利用され、これら分野における先端的研究の根幹を形成する施設として活用されてきている。本計測システムの開発によりこれら研究の飛躍的なレベルアップが期待される。

参考文献

- 1) 北勝利・八嶋厚・柴田徹・上田孝行（1989）：遠心力場における動の実験システムの開発，京都大学防災研究所年報，第32号B-2，pp.207-217.

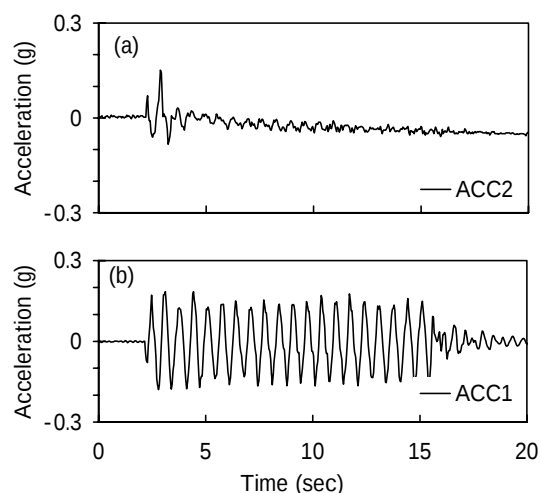


Fig. 7 Acceleration record: (a) Input, (b) Ground surface (prototype scale)

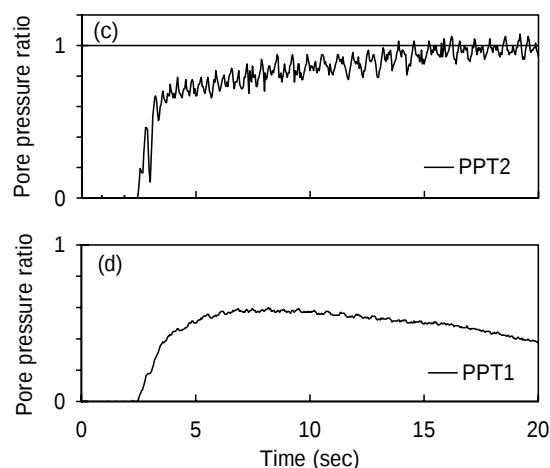


Fig. 8 Excess porewater pressure ratio (a) depth 1m, (b) 3m (prototype scale)

Development of rapid data acquisition system with wireless network for geotechnical centrifuge

Susumu IAI, Testuo Tobita, Junji MIYAMOTO, Sinya INAZUMI*, Hiroki SHIMIZU, Hideo SEKIGUCHI

*Graduate school of engineering, Department of Urban Management, Kyoto University

Synopsis

A rapid data acquisition system with wireless network is developed for the geotechnical centrifuge at the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University. Stability of the system is tested and confirmed under 1g and 20g centrifugal accelerations. The system is composed of commercially available devices so that it can be updated easily with less cost as innovations of related technology.

Keywords: Geotechnical centrifuge, Wireless LAN, Data acquisition system