

傾斜計モニタリングシステムの簡易ネットワーク化に関する研究

北見工業大学	正員	○山崎智之
ズコーシャ	正員	高田直幸
北見工業大学	正員	坪田 豊

北見工業大学 正員 三上修一
北見工業大学 正員 大島俊之

1. まえがき

近年交通量の増大，過積載車両による道路橋の損傷が急速に増えている．また 1960 年代の高度成長期に架けられた多くの橋梁が老朽化し劣化してきている．これらの橋梁は適切かつ迅速に補修，架け替えを行うことが必要があり，管理者には適切な点検および維持管理の効率化などが求められている．適切な維持管理を行うためには常時橋梁の挙動データや損傷などをモニタリングして，橋梁の異常を知る必要がある．またモニタリング技術ではモバイル電話やインターネットを応用して，市街地から遠く離れている橋梁の健全度状態を遠隔操作によって監視するスマートモニタリング (Smart Monitoring) の新しい技術も携帯電話の普及や高性能ソフトウェアの発達，さらには光ファイバセンサや炭素繊維を使用した計測機器の高精度化などによって大きな進歩を見せている．

現在橋梁の挙動や損傷のデータを取得するための技術として、ネットワークを使ったモニタリングが主流となっている。このネットワークモニタリングシステムでは測定機器やネットワークの配線などが煩雑になると言う問題点がある。本研究ではこの問題点に対し無線 LAN を利用した簡易ネットワーク化を用いてシステムを小型化し、システム設置の容易性をおよび長期間モニタリングに対する検討を行った。システムの小型化、設置の容易性、耐久性が上げれば土木構造物に手軽に利用することができ、常時構造物の挙動データを容易に取得することができると考えられる。

2. モニタリングシステム

図-1, 図-2に測定システムの概要を示す. ここでは室内における性能試験としてネットワークの受信距離が10m前後無線LANを用いて, 傾斜計の傾きをパソコン操作で集録するシステムとした. またモニタリングシステムはまだ開発中であるため, 傾斜計で測定できる範囲は $\pm 10^{\circ}$ までとなっている. 計測方法は定時計測とトリガ計測ができ, 設定レベルを越えた時に一定時間のデータをサンプリングし保存できる.

次に本システムに用いた使用機器の説明をする。

(1)傾斜計 (DAS-20, パシコ貿易) — 動作原理は、傾斜による液面の変化を4枚のキャパシタ・プレート対ベース・ドーム間の静電容量変化として捉えるものである。直線性(測定精度): $0^{\circ} \sim \pm 10^{\circ}$ において $\pm 0.2^{\circ}$, 分解能: 0.01° , 使用温度範囲: $-20^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$ 範囲, 重さ: 37g, 寸法: $82 \times 72 \times 22.3\text{mm}$

(2) データロガー — 本システムで使用する傾斜計専用入力および±1V の電圧入力，感度精度：±0.2%FS 以内，応答周波数：DC～約 40Hz (+1, -3dB)，サンプリングレート：10～100Hz，トリガ機能，

インターフェース：LAN コネクタ(10/100BASE-T), 重量：約 4kg, 外形寸法：W300×H100×D230mm, 電源：AC100V

(3)無線 LAN ー 受信機(W205×H170×D76mm, 重量 510g), 送信機(W56×H120×D92mm, 重量 130g), 無線 LAN インターフェース：通信範囲ー屋外 11Mbps 時 160～1Mbps 時 550m(屋外アンテナ使用時 1500m), 有線 LAN インターフェース：10/100BASE-T, 電源：AC100V.

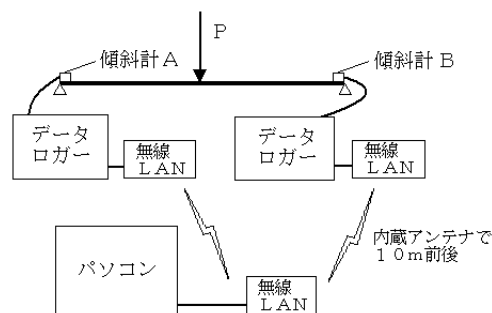


図-1 モニタリングシステム例



図-2 モニタリングシステム送信部

キーワード：スマートモニタリング，簡易ネットワーク，無線LAN，傾斜計

連絡先：（〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 北見工業大学・TEL 0157-26-9485・FAX 0157-23-9408）

3. モニタリング精度の検討

(1)はじめに測定システムのモニタリング精度の検討を行った。図-3に示すような傾斜板を作り、計算による傾斜角と傾斜計モニタリングシステムで測定した結果を比較した。表-1に計算値と3個のセンサーを使った測定値の誤差を示す。傾斜計によって精度にばらつきはあるが、傾斜角 10° 以内で誤差が $\pm 0.2^{\circ}$ 以内であるので、傾斜計の許容範囲以内にはおさまっている。

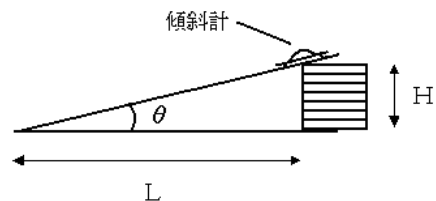


図-3 モニタリング精度の確認

表-1 センサー傾斜角の精度

高さ(H)	計算値	傾斜計1	傾斜計2	傾斜計3
0.9cm	0.92°	-0.02	± 0.0	-0.01
1.8cm	1.84°	-0.03	-0.05	-0.02
2.7cm	2.76°	-0.02	-0.06	-0.02
3.6cm	3.69°	-0.03	-0.08	-0.02
4.5cm	4.61°	-0.03	-0.08	-0.02
5.4cm	5.53°	-0.03	-0.12	-0.04
6.3cm	6.46°	-0.05	-0.13	-0.08

(2)次に長期間モニタリングにおけるシステムの安定性の検討を行った。図-4のように簡単な単純ばりを用いて両端支点上に傾斜計を設置し、平常時のデータおよび載荷時のデータを安定取得することが出来るか1週間連続モニタリングを実施した。平常時のデータサンプリング間隔は6時間毎とし、載荷時のサンプリングをするためトリガレベルを1%とし、サンプリング周波数は100Hzとした。測定期間中にランダムに載荷を行い、トリガを超えた場合のデータおよび平常時のサンプリングおこなった。荷重を載荷したときの傾斜角はスパン $L=54\text{cm}$ 、荷重 $P=14.43\text{kg}$ 、 $I=1.7576\text{ cm}^4$ 、 $E=82 \times 10^3\text{ kgf/cm}^2$ を用いて計算した結果、両端のたわみ角は $\theta=1.045^{\circ}$ であった。



図-4 長期間モニタリング試験

図-5に1週間連続測定の結果を示す。また図-6は載荷時にトリガが発生し測定したデータである。計測初期には左右の傾斜計の角度は安定していたが、終了時には最大で 0.02° の差が見られた。これは荷重の位置が正確に中央ではなかったためと考えられる。測定結果は載荷時、平常時ともに問題なく1週間連続モニタリングを行うことができ、また異常な値も出ておらず安定したデータを得ることが確認できた。

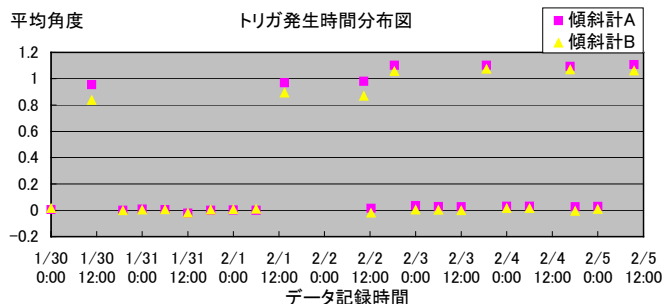


図-5 1週間連続モニタリング結果

4. あとがき

今回使ったシステムはまだ開発中であるが、長時間モニタリングを行った際に安定してデータを記録することが可能であることより、実際の橋梁に用いても安定した結果が得られると考えられる。しかしモニタリングシステムのネットワーク範囲が10m前後しか受信しないため実際の橋梁での測定は出来な

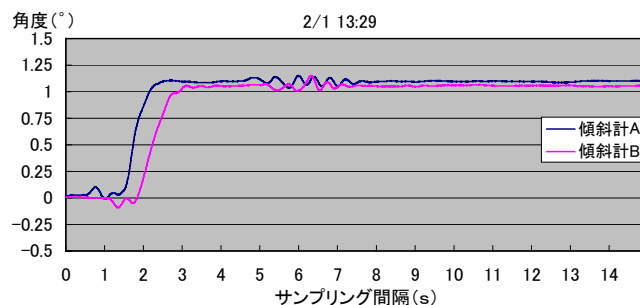


図-6 トリガ発生時のデータ

かった。この問題点は外部アンテナを取り付けることによって2km程度まで受信距離を延ばすことが可能である。データロガーはまだ小型化が可能で、以上の改善点を行えば土木構造物に対し、手軽に持ち運びができ設置する際にも手間がかからないモニタリングシステムが可能と考えられる。本実験を行うにあたり平成16年北見工業大学土木開発工学科卒業向井崇雅君には多大なる御助力をいただきました。また、本研究は平成15年度文部科学省科学研究補助金（研究代表者大島俊之）の補助を受けて実施されました。ここに感謝の意を表します。

<参考文献> 三上修一, M.S.ラーマン, 大島俊之, 山崎智之, 高田直幸: 橋梁診断モニタリングにおける遠隔ワイヤレス計測システム, 土木学会北海道支部論文報告集, 第56号(A), pp.200-203, 2000.2