

コンピュータネットワークを用いた橋梁構造物のモニタリングシステムの構築

協和設計(株) 正会員 本下 稔

キヤノン(株) 坂本直樹

山口大学 正会員 宮本文穂・中村秀明

1. はじめに

以前より橋梁の分野でも周囲の環境情報や内部情報を検知し、判断・命令し、応答する機能を有する構造物、いわゆるインテリジェントブリッジと呼ばれる橋梁の知的構造物化が期待されてきた。従来の橋梁は、活荷重が設計における許容値まで満載されることは寿命までにほとんどないため不経済であった。したがって、外力に対して必要な時だけ内部に反対の力(制御力)が働けば、材料その他を節約でき、安全性・信頼性の向上、環境問題・省資源にも役立つと考えられる。そのような構造物を提案するためには、橋梁のモニタリングが可能なシステムの構築が必要不可欠となる。本研究では実橋梁に適用する前段階として斜張橋模型を用いた遠隔モニタリングシステムの開発を行った。さらに構築したシステムを用いて、交通荷重による桁のたわみ制御を目的として、ケーブル張力を調整し必要な制御力を求める基礎的な実験を行った。

2. モニタリングシステム

2.1 モニタリングシステムの概要

橋梁に加わる外力を制御するためには、まず橋梁に作用している力をリアルタイムに把握することが重要である。そのために橋梁のモニタリングが必要である。そして計測結果を有効に活用するためには、必要なデータの迅速な参照と多数の橋梁管理関係者がシステムを扱うことのできる環境が必要となってくる。

そこで、インターネットを利用し、必要なデータをリアルタイムで獲得できるモニタリングシステムの構築を試みた。このシステムを実橋梁に適用することにより、各管理事務所、点検・工事現場などでも計測データの参照・獲得が可能となる。図 1 に本研究で構築したシステムの概要を示す。本システムは、インターネットを利用したインターネット・モニタリングシステム（以下 IMS）と利用しないスタンドアロン・モニタリングシステム（以下 SMS）から構成される。

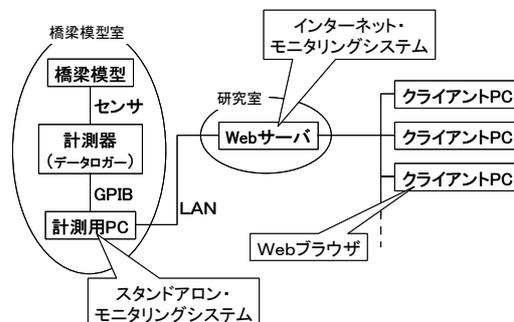


図-1 モニタリングシステムの概要

2.2 スタンドアロン・モニタリングシステム（SMS）

SMS は、情報の収集と加工を行うためのモニタリングシステムである。具体的には、モニタリング対象橋梁の各部材の応力や変位と気温の関係を計測し、計測結果を視覚的に理解し易いグラフや表に作成してデータ保管時にはテキストデータとして保存するシステムを構築した。処理の流れとしては、橋梁管理関係者が計測用 PC 上で SMS を操作して計測命令を出すと、計測器が橋梁模型の状態をセンサで感知して、その計測データを GP-IB インターフェースを通して計測用 PC に送る。そして、Webサーバに転送する(図 1 参照)。計測データは、センサから計測器に送られた時には電気信号であるが、計測器でひずみ、温度等の物理量に変換される。さらに SMS で応力、変位等の使用目的別の物理量に変換する。このようにして得られた計測データを SMS の画面上でグラフや数値等で表示する。

2.3 インターネット・モニタリングシステム（IMS）

IMS は、情報の伝達と閲覧をするためのシステムである。具体的には、SMS がモニタリングした計測結果をインターネットを介して、種々のクライアントがアクセスでき、遠隔地からの計測結果の加工と利用が可能なシステムである。

構築手法として、本研究では、HTML(HyperText Markup Language)に埋め込んでサーバサイドで処理をすることができ、動的な HTML（実行時のユーザアクションによって表示状態や内容が変更されるような HTML ドキュメ

キーワード：モニタリングシステム，インターネット，インテリジェントブリッジ，制御

〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1 TEL：0836-85-9531 FAX：0836-85-9531

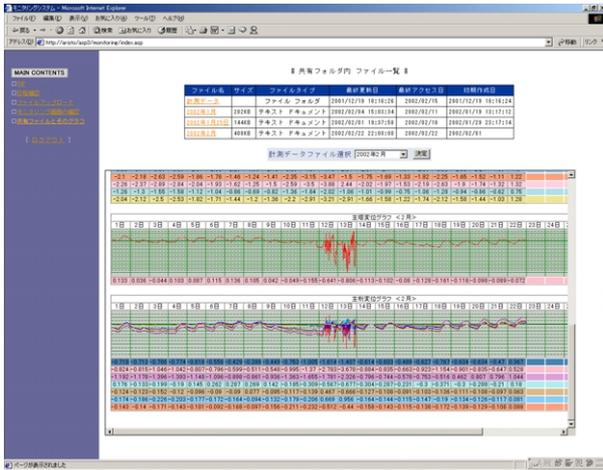


図-2 インターネット・モニタリングシステム画面

ント)を実現する方式である ASP(Active Server Pages) 3.0 を用いる。ASP には、多くの機能がコンポーネントとして用意されており、JavaScript、VBScript といったスクリプトプログラムを動作させ、複雑な処理が可能となる。また、HTML ではグラフを描画することができないため、グラフ描画には VML(Vector Markup Language)を用いた。

構築した IMS の計測画面の一例を図 2 に示す。

3. 斜張橋模型を用いたモニタリング実験

3.1 モニタリングの対象

本研究では斜張橋の模型を計測の対象とする。この模型は、香川県にある橋長 200m の府中湖橋のもので、縮尺は 1/100 であるので橋長は 2m である。この模型の概観を図 3 に、模型に取り付けるセンサを表-1 に示す。

3.2 モニタリング実験の概要

実験内容を以下に示す。ただし、実験には交通荷重として通常荷重(おもり 3 個: 1.5kg)と異常荷重(おもり 6 個: 3.0kg, 9 個: 4.5kg, 12 個: 6kg)を用いる。

【実験】斜張橋模型で通常荷重を移動させ、図 3 の A~F 点を通じた時の主桁変位をケーブル張力の調整により制御可能かどうかを確認する。

【実験】斜張橋模型で通常荷重と異常荷重を移動させる。A~F 点の通常荷重の主桁変位を設計の許容値として、ケーブル張力を調整して異常荷重の主桁変位をそれ以内に収める。

3.3 モニタリング実験結果

図 4、図 5 に【実験】の結果を示す。ケーブル張力調整前後で主桁・主塔変位が減少していることが分かる。この時に必要となる制御力(張力)は、通常荷重が通過した時に作用した張力と同等のものであった。しかし、【実験】の異常荷重載荷時では、制御に必要なケーブル張力はそれぞれ異なり、おもり 6 個、9 個、12 個に対

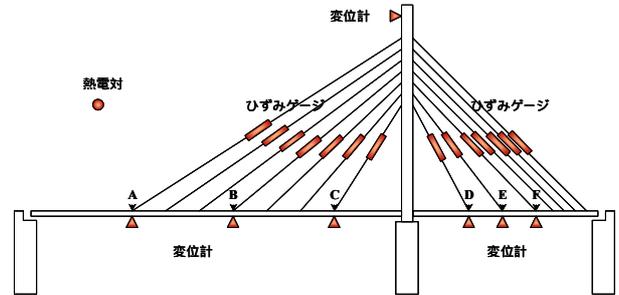


図-3 モニタリングシステムに用いる斜張橋

表-1 計測項目と使用センサ

使用センサ	計測項目	計測点数
熱電対	気温	1
ひずみゲージ	ケーブル張力・応力	14
変位計	主塔変位	1
	主桁変位	6

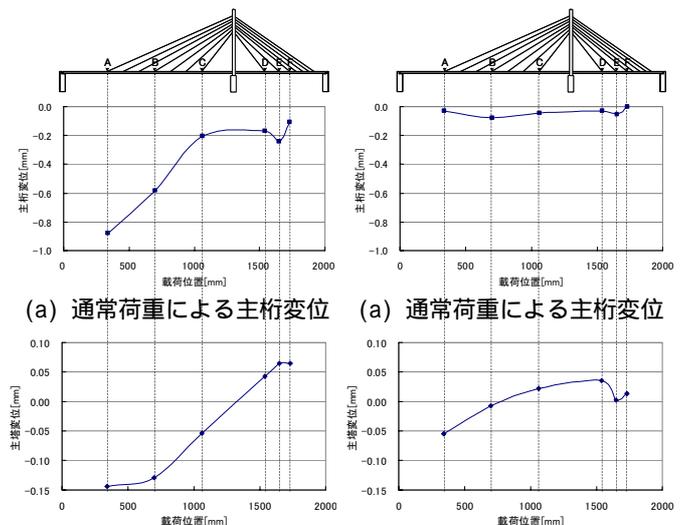


図 4 ケーブル張力調整前 図 5 ケーブル張力調整後

して、荷重載荷時のケーブル張力のそれぞれ 1.0 倍、1.5 倍、2.0 倍の制御力(張力)が必要であった。ケーブル張力により主桁のたわみ制御が可能であり、今後モニタリング実験を繰り返し、荷重と制御力との関係を明らかにして行きたい。

4. まとめ

以下に本研究のまとめを示す。

SMS と IMS の構築によって、リアルタイムに温度、ひずみ、主桁変位、主塔変位を常時遠隔モニタリングが可能になった。

モニタリング実験から、ケーブル張力を調整することで桁のたわみ制御が可能なが分かった。

また、以下に今後の課題を示す。

- ・斜張橋模型にアクチュエータ機能を取り付ける。
- ・自動制御可能なシステムの構築を行う。

参考文献

1) 土木学会：橋梁振動モニタリングのガイドライン，2000.10.