

パラストレッシングシステムの構築と遠隔モニタリング

山口大学大学院 学生会員 ○小川隆司
協和設計株式会社 正会員 本下 稔
山口大学工学部 フェロー会員 宮本文穂

1 はじめに

近年、構造物のインテリジェント化に関心が寄せられており、橋梁においても例外ではなく、インテリジェントブリッジの実現が期待されている。

現在の橋梁設計では、活荷重が満載されることを前提として設計されており、また極めて稀にしか作用することがないと考えられる大型台風や大地震にも耐えるように設計されている。しかし、そのような荷重が橋梁に作用することはその供用期間中においてほとんどないと言っても過言ではない。

設計時にはその橋梁に通常作用すると考えられる活荷重を載荷して設計しておき、設計荷重を上回るような活荷重や予想し難い地震等のような異常な外力が作用することに対しては、必要な時に必要に応じて外力を相殺するような力が働く（制御ができる）橋梁を実現させれば、橋梁の初期建設費の軽減や資源の節約に繋げることができる。

本研究では、必要に応じて、作用する外力を相殺するような反対の力を作用させることのできるシステムを備えた橋梁（インテリジェントブリッジ）の実現に向け、斜張橋模型を用いて制御実験を行った。

2 パラストレッシングシステム

構造物にある荷重が作用すると、歪み、変形（変位）および応力が発生する。それらを相殺するようにアクチュエータなどの機械を用いて元の状態に戻すために「必要に応じて反対の力を作用させるシステム（パラストレッシングシステム）」は、次の3つの機能から構成される。

①検知あるいは感知機能（センサ機能）

荷重強度や橋梁の状態を把握するための機能

②判断・命令機能（プロセッサ機能）

橋梁の状態を判断し、危険を察知すれば、安全な状態に戻すための制御力を算出し、制御機能を働かせる機能

③制御機能（アクチュエータ機能）

安全な状態に戻すために、反対の力を作用させる制御機能

本研究では斜張橋模型を用いて、これらの機能を統合ならびに自動化したパラストレッシングシステムを構築し、その性能を実験で検証した。

2.1 検知・感知機能

本研究では、感知機能として、スタンドアロン・モニタリングシステム（SMS）とインターネット・モニタリングシステム（IMS）および両システムを統合したモニタリングシステムを活用した。

SMSは模型付近に設置され、センサを用いて橋梁の状態を把握するためのシステムである。設計荷重載荷状況、斜材ケーブルに制御力を作用させた状況、設計荷重を上回る荷重が作用した状況における斜張橋模型の主桁の変位や斜材ケーブルの張力を測定して、模型の状態を把握するためにSMSを利用した。

また、IMSはネットワークを通して、遠隔地から橋梁の状態を把握する機能とともに、遠隔地で算出された制御力を斜張橋模型に作用させる命令機能を持つシステムである。

2.2 判断・命令機能

検知・感知機能が設計荷重を上回る荷重（異常荷重）が作用することを察知すれば、異常荷重が作用した場合の主桁変位を設計荷重のみが作用した時の主桁変位まで回復させるための制御力を算出し、その制御をアクチュエータに命令するのが判断・命令機能である。

本実験では、斜材ケーブルの張力を増加（ケーブル長の短縮）することにより変位を回復させる手法を採用し、FEM解析を用いて制御すべき斜材ケーブル張力（制御力）を算出して、制御機能へ制御命令を発信するシステムを構築した。

2.3 制御機能

パソコンにアクチュエータを操作するためのパルス発信ボードを組み込み、パソコンからアクチュエータを自動的に制御するシステムを構築した。本実験では、ケーブル張力が制御力に到達するまで4本のケーブル長を調整するプログラムを構築して、パソコンで自動的にケーブル張力を調整した。

3 斜張橋模型を用いた制御実験

3.1 模型実験の対象橋梁

構築したパラストレッチングシステムを斜張橋模型に適用し、制御実験を行った。斜張橋模型の形状およびセンサの配置は図-1に示す通りである。センサは主桁変位を測定するための変位計（A～J）と斜材ケーブルの張力を測定するためのひずみゲージ（a～d）を使用した。

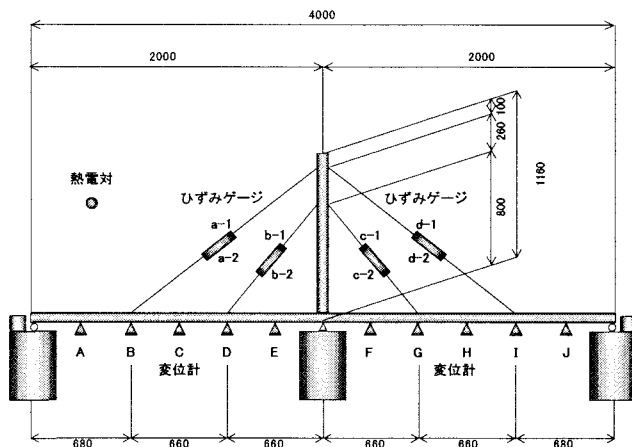


図-1 模型の形状とセンサの配置

3.2 模型実験の概要

実験では、制御しない状態で荷重を橋面上を通過させる場合（1）と、主桁の変位を設計荷重載荷時の変位以内に抑制する制御力を作用させて異常荷重を通過させた場合（2）を計測し、実験の測定値と解析値とを比較し、当パラストレッチングシステムの性能を検証した。

- (1) 設計荷重と異常荷重を各々 J 点から A 点まで移動させて、その時の J～A の変位を測定して、実験値と解析値の比較をする。
- (2) 制御実験では、まず J 点に異常荷重が載荷された時の最適制御力を算出し、アクチュエータにより算出された制御力を作用させ、J 点に荷重を移動させて主桁変位を計測する。この操作を J 点から F 点に到達するまで繰り返した。

表-1 に本実験で実施した実験のパターンを示す。

表-1 実験パターン

	許容荷重	異常荷重
実験1-1	10 N	40 N
実験1-2	10 N	50 N
実験2-1	30 N	40 N
実験2-2	30 N	40 N

3.3 実験結果

実験結果の一つとして、表-1 に示す実験パターン①

の I 点に載荷した時の主桁変位の状態を図-2 に示す。また実験パターン①の復元率を表-2 に示す。

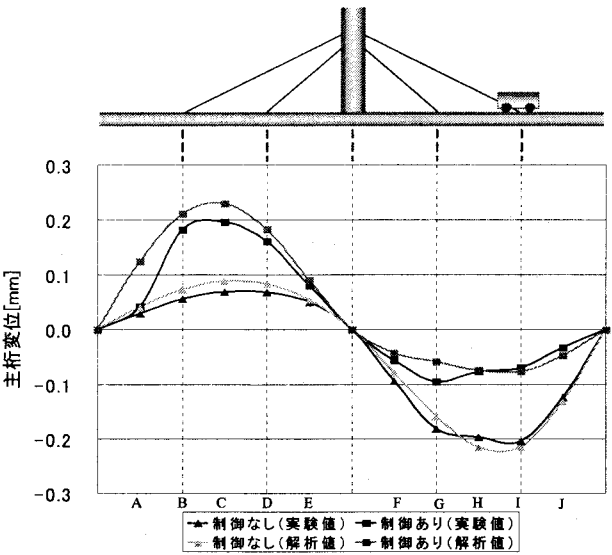


図-2 実験①で I に載荷したときの主桁変位

表-2 実験①の復元率

40→10N		載荷位置					平均
復元率	主桁	F	G	H	I	J	
	F	74	113	105	104	117	103
	G	54	75	79	86	83	75
	H	62	76	78	85	95	79
	I	68	82	88	98	110	89
	J	90	86	95	109	128	102
平均		70	86	89	96	107	90

図-2 では、解析値と実験値はよく近似しており、制御をすることで主桁の変位が復元していることが判断できる。表-2 では、平均で 9 割、最低でも 7 割は復元できているが、J から荷重を移動させ F に近づくにつれて復元率が低下しているのが判る。この中間支点近傍より主桁端部の方が回復率は高く、敏感である傾向は、他の実験②～④でも同様の状態を示した。

4 まとめ

以下に本研究のまとめを示す。

- ① 橋模型に感知・判断・制御機能を備えたパラストレッチングシステムを構築し、システムが目的に近い性能を持つことが検証できた。
- ② MS による遠隔操作により SMS を機能させ、当システムの遠隔操作機能が検証できた。
- ③ 制御実験を行い、パラストレッチングシステムを用いた活荷重変位を制御するシステムの有効性を検証した。

参考文献

- 1) 建設省道路局監修：全国道路利用者会議：道路統計年報 1998, 1998. 10.