

I - 302

木製斜張橋（用倉大橋）の振動実験

東京大学	正	藤野陽三	名古屋工業大学	正	岩本政巳
九州東海大学	正	加藤雅史	長崎大学	正	岡林隆敏
金沢工業大学	正	本田秀行	広島県		平本勝吉
広島県		志水茂也	三井木材工業（株）		飯村 豊

1. はじめに 対象としたのは広島県立中央森林公園内に建設された用倉大橋である。この橋は図1に示すとおり、トラス補剛桁を有する2面吊り斜張橋である。タワーはコンクリート、桁が木製である。本橋の施主は広島県であり、設計は広建コンサルタンツ（株）によって行われ、製作を三井木材工業（株）が担当した。同橋は公園内にあるとはいえ、TL14設計活荷重による道路橋であり、中央径間77m、全長133mの規模は、木製斜張橋としては世界最大クラスを誇るものである。

我が国から木橋が絶えて久しい。しかし集成材の進歩とともに最近木橋がいくつか作られるようになってきた。鋼、コンクリートとは異なる持ち味があるものの、橋の材料として一般化されるためにはまだまだ設計施工技術の改善が必要である。

本報告は、木橋の長大化とともに重要性が増す動的問題に資する目的で1993年4月はじめに行った振動実験の結果を速報として述べるものである。

2. 実験方法と結果 木橋とはいえ、補剛桁重量が400ton重を越えるかなり大規模なものである。そこで重錘5トン重の加振器（三菱重工広島研究所所属）を用いて、鉛直正弦波加振によるスイープ実験ならびに自由振動を行った。測定は加速度計で桁、ケーブルを中心に行った。

なお、14ton重トラックによる走行実験、静的載荷実験を併せて行った。その際、リング型ひずみゲージによる変位の測定、静的載荷に関してはレベル測量も実施した。

斜張橋は桁、塔、ケーブルからなるが、ケーブルの固有振動数が広範囲に存在するため、桁あるいは塔と内部共振を起こしやすいことがよく知られている。今回の強制加振実験、自由振動実験においてもケーブルとの内部共振のため桁の動きを中心とした単一の全体振動モードでの振動が事実上不可能なことが多く、ほとんどの場合においてケーブル振動が何らかの形で励起されていた。

スイープ実験による共振曲線を図2に示す。なお、ケーブルの固有振動数（実測値）を矢印で示してある。

全体振動とケーブルとの非線形内部共振 ケーブルの固有振動数と全体振動モードとの比が1:2のとき、オートパラメトリック内部共振が生じることが、実験的にも理論的にも示されており¹⁾、樫石島の振動実験でも確認されている²⁾。ケーブルの側から見るとこれは張力変動によるパラメトリック励振である。

図3には加振の桁とケーブルの加速度波形を示す。ケーブルにおいて半分の振動数をもつ振動が励振されていく様子がわかる。ケーブルの励振のためにケーブルにエネルギーが移行し、桁の振動がむしろ小さくなる様子が図3よりわかる。

図4に示すのは、加振振動数 f の倍の振動数がサイドスパンで測定された例である。この時、サイドスパンのケーブルが大きく振動しており、これもケーブル変位の2乗項が桁を加振する¹⁾ことによって生ずる非線形内部共振



図1 用倉大橋

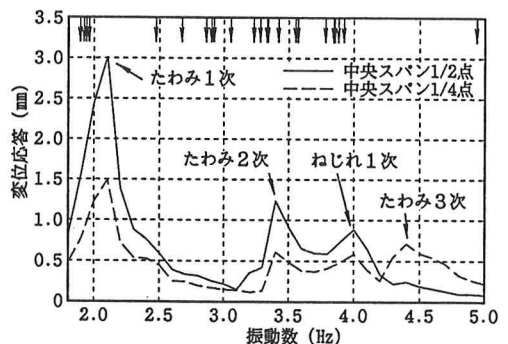


図2 周波数応答曲線（桁1/4点、鉛直加速度）

によるものと考えられる。

モード減衰 鉛直たわみ一次モード、ねじれ一次モードの自由振動減衰波形をそれぞれ図5に示す。減衰は振幅依存性を示すが、その値は対数減衰率にして $\delta=0.10$ を優に越えるオーダーであり、鋼、コンクリート橋の上部工の減衰に比べ、かなり大きいといえる。この原因としては、木そのものの減衰が高いこと、ボルト接合による接合で生じ得る何らかのすべりなどによるものであろう。なお、減衰の評価はケーブルの振動を考慮して解析を行う必要がある。

走行実験 図6は14tonトラックによる走行時の（約30Km/h）の桁（中央点）のたわみをサーボ型速度計（東京測振）で測定し、そこに内部されている積分回路を通して得られた波形である。リングゲージによる測定も行ったが、静的成分については両者はほぼ整合的であった。この速度計は0.1Hzまでは感度がほぼ1であり、動的たわみが十分に測定できることを示している。

3. まとめ 実験の結果はまだ整理中であり、今後の解析に待つところが大きい。木橋としての特徴として考えられる高減衰が確認できた。また、ケーブルと桁との非線形内部共振のデータが収集できたことは収穫であったと考えている。なお、加振器ならびに実験の設営に関し三菱重工（株）の佐々木伸幸氏に大変お世話になった。
参考文献 1) 藤野・ペンヌン・パチェコ：ケーブル・桁モデルを用いた斜張橋の内部共振に関する実験と解析、土木学会論文集、432号、1991.7. 2) 岡内・宮田・辰巳・佐々木：大振幅加振による長大斜張橋の矢橋振動実験、土木学会論文集、455号、1992.10

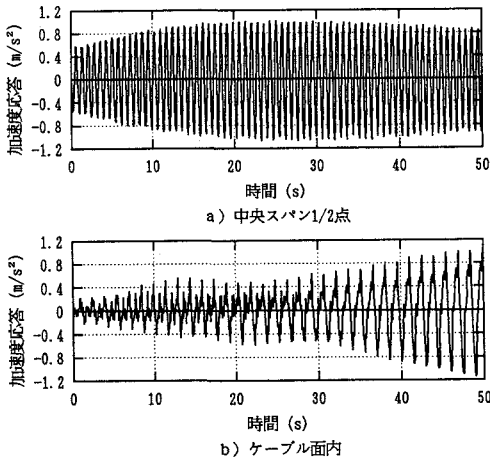


図3 正弦波加振時（3.37Hz）のオートパラメトリック励振の発達状況

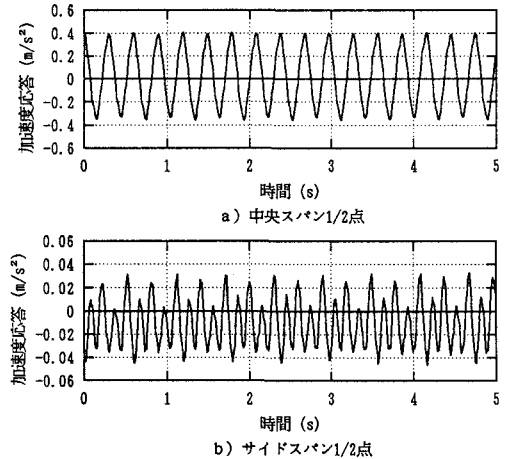


図4 正弦波加振時の非線形内部共振の例

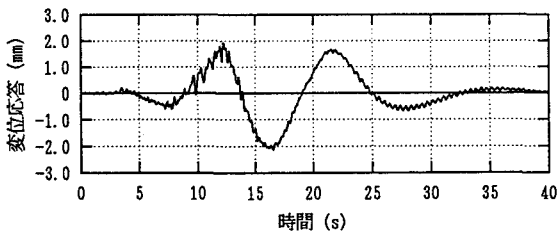


図6 14ton重トラックによる中央桁間（1/2点）の変位応答

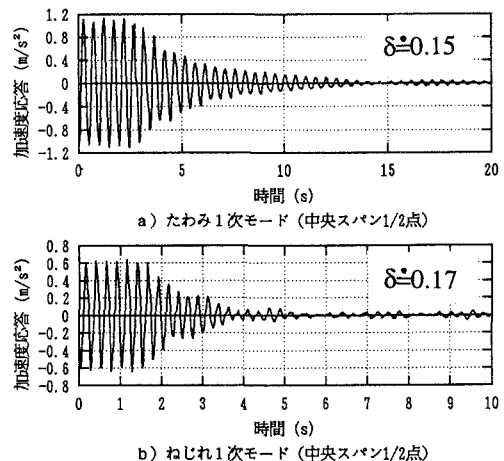


図5 自由振動波形の例