

走行車両による近代木車道橋の3次元動的応答解析と動的応答特性

金沢工業大学大学院 学生員 ○水野 寿行 金沢工業大学 正会員 本田秀行

1. はじめに 近年，構造用集成材が用いられた木製橋梁が建設されるようになってきた．しかし木製橋梁の構造解析と動的特性評価に関する研究は，世界的にも極めて少ないのが現状である．そこで本研究では，振動特性を把握することを目的として木製車道橋の3次元構造解析モデルを作成し，走行車両によるその橋梁の3次元動的応答解析を実施し，解析法の妥当性と動的応答特性に検討を加えた．

2. 対象橋梁 本研究での対象橋梁は，図-1 に示す長野県の広域基幹林道台ヶ峰線2号橋として1996年に架設された我が国最大規模のπラーメン車道橋(みどりばし)である．本橋は設計活荷重 25A によって設計され，また橋軸方向のプレストレス木床版，縦桁及びラーメン部材に構造用集成材が用いられた総幅員 9.25m，橋長 30.0mの一等木造車道橋である．この対象橋梁に対する総接点数 400 の3次元構造解析モデルを作成した．その解析モデル図を図-2 に示す．

3. 固有値解析 対象橋梁の振動特性を求めるために，有限要素法による固有値解析を行った．表-1 に本橋の振動特性の解析値と平成9年5月に実施された実験値を，図-3 に各次の振動モード図を示す．本解析の固有振動数と振動実験で得られた値を比較すると，1次，2次振動に鉛直曲げモードが生じ，3次と4次振動にねじれモードが生じ，両者は比較的一致しているが，固有振動数については5次振動以降では若干の差異が見られる．

表-1 対象橋梁の振動特性

振動次数	振動モード	固有振動数(Hz)	
		実験値	解析値
1	鉛直曲げ1次	6.93	7.44
2	鉛直曲げ2次	8.69	8.00
3	ねじれ1次	8.98	9.04
4	ねじれ2次	10.65	9.06
5	鉛直曲げ3次	11.91	10.25
6	ねじれ3次	12.79	10.64

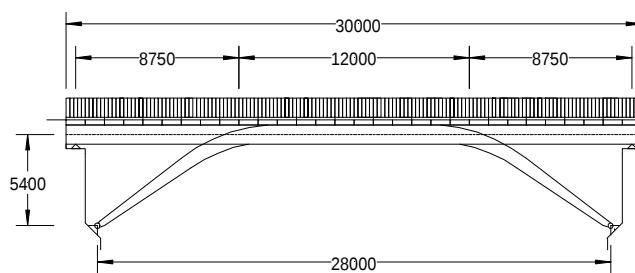


図-1 対象橋梁 一般図 単位：mm

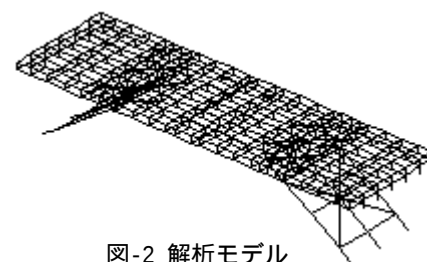
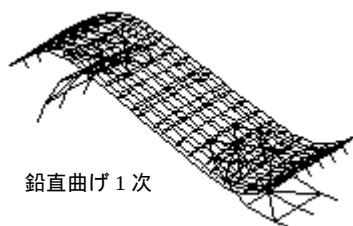
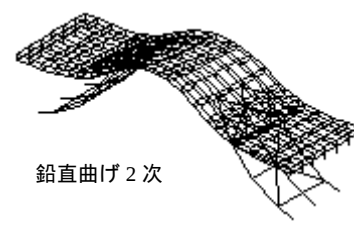


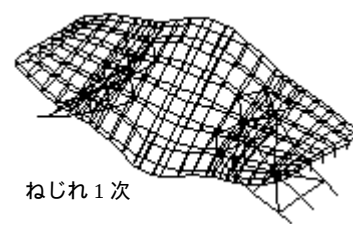
図-2 解析モデル



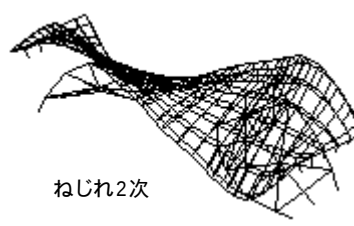
鉛直曲げ1次



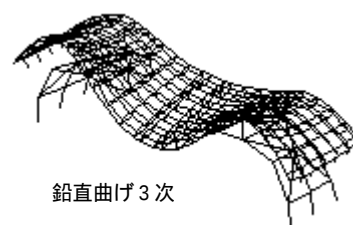
鉛直曲げ2次



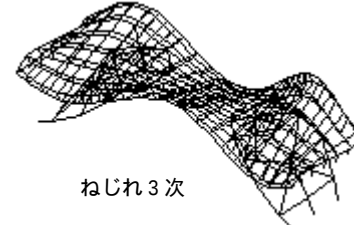
ねじれ1次



ねじれ2次



鉛直曲げ3次



ねじれ3次

図-3 解析による振動モード図

4. 動的応答解析 (1)動的応答解析法 本研究では，路面凹凸を考慮した車両 - 橋梁の運動方程式を直接積分法による Newmark's β 法を用いて解析を行った．減衰マトリックスの作成においては Rayleigh 減衰を仮定し，時間間隔 Δt を 0.01 秒， $\beta = 1/4$ として解析を行った．なお解析に用いた減衰定数は実験値の 0.045 を用い，振動次数によって値は変わらないものとした．

キーワード： 近代木橋，動的応答解析

(2)路面凹凸 解析に用いた路面凹凸データは、1998 年 12 月に行われた対象橋梁の弾性舗装に対する路面凹凸の実態調査結果である．この結果の路面凹凸パワースペクトル密度を計算した結果は、「普通」の路面状態と評価されている．この結果の路面凹凸を図-4 に、その路面凹凸パワースペクトル密度を図-5 に示す．

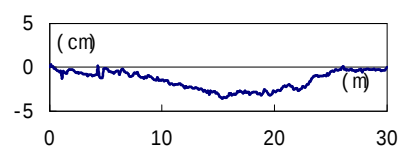


図-4 実測路面凹凸

(3)車両モデル 196kN3 軸車の 5 自由度平面車両モデルを用いて解析を行った．車両モデルを図-6 に示す．

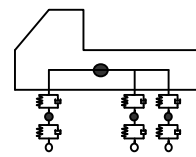


図-6 5自由度系車両モデル

(4)動的応答解析結果 車両モデル 1 台が 30km/h の速度で図-7 に示す．

上り車線のレーンを矢印の方向に走行した際の 3 つの着目点 D1～D3 における解析による応答波形を図-8～図-10 に示す．車両は時刻 0 秒の直後に前輪から橋梁に進入し、約 4 秒後には橋梁から最後輪が退出している．中央径間中央部の着目点 D2 における最大応答変位は 1.57mm が得られた．過去に行われた実橋での同様な走行条件による車両走行試験での着目点 D2 における最大応答変位の平均値は 1.84mm であった．また、パワースペクトル密度で実測路面凹凸と同じカテゴリーに分類される

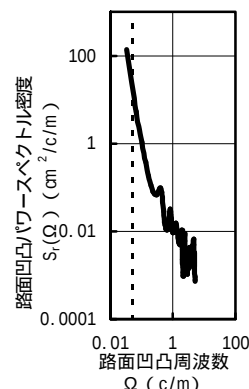


図-5 路面凹凸パワースペクトル密度

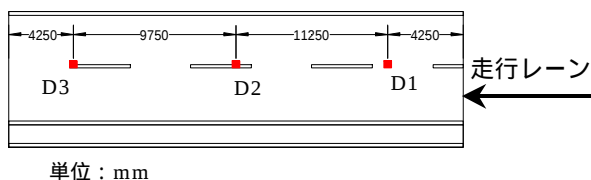


図-7 走行レーンと着目点

サンプル路面凹凸 30 ケースを用いた解析も行ったが、着目点 D2 における最大応答変位の平均値は $1.583 \pm 0.044(\sigma)$ mm であった．また、側径間上の着目点 D1 および着目点 D3 における最大応答速度および最大応答加速度は着目点 D2 の場合よりも大きい値が得られている．これは、側径間部の断面積が中央径間部の断面積よりも 2 倍以上大きいことが一因であると考えられる．

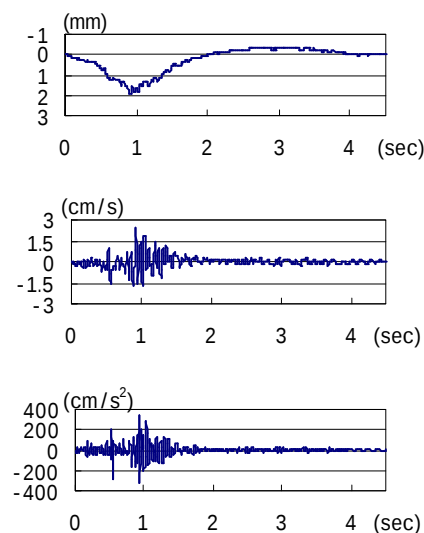


図-8 着目点 D1 における応答波形

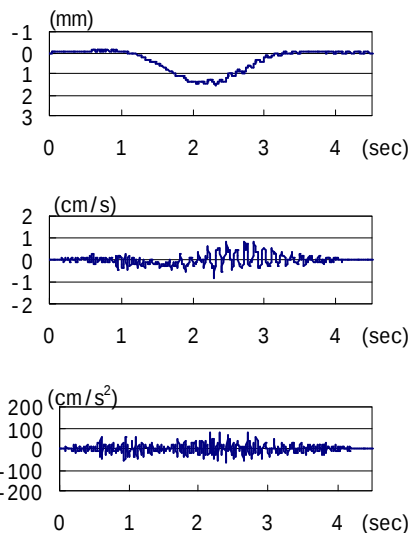


図-9 着目点 D2 における応答波形

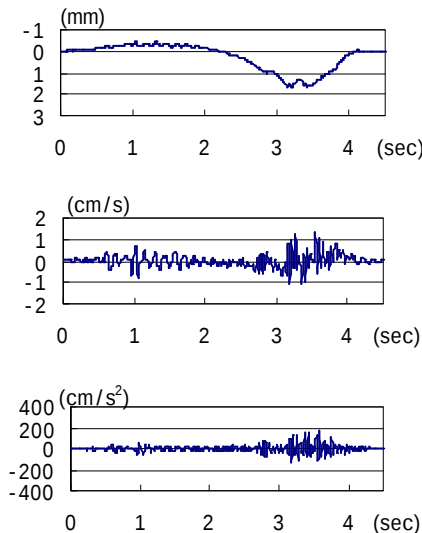


図-10 着目点 D3 における応答波形

また、 π ラーメン橋の構造上重要な個所であるラーメン部材隅角部に対する 3 次元動的応答特性に関しては、今後、いくつかの走行ケースでの検討を行う予定である．

走行車両による動的応答解析で得られた応答値と実験での応答値を厳密に比較するには、走行車両モデルに関しては 3 次元車両モデルによる解析のほうが望ましいことから、今後 3 次元車両モデルでの解析を行うことを検討課題としたい．

本研究をまとめるにあたり、金沢大学工学部の深田宰史助手に貴重な助言、ご指導を頂きました。ここに深甚の謝意を表します．最後に、本研究の一部は H11 年度文部省科研費・基盤研究 C(No.11650497)の助成を受け行った．記して感謝の意を表します．