

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影響評価

(株)熊谷組 正会員 ○高橋宗臣 金沢工業大学 正会員 本田秀行

1. 概説 近年，わが国において構造用集成材を用いた木製橋梁が，数多く建設されつつある．しかし，近代木車道橋の実験や研究に関しては，世界的にもほとんど行われていないのが現状である．そこで本研究では，従来ほとんど研究がなされていない木製車道橋の動的応答解析法の定式化，橋梁のモデル化，移動荷重による動的影響評価さらに設計係数などの具体的な設計規定の開発などを目的としている．

2. 動的応答解析 (1)対象橋梁 本研究で対象とした橋梁は，長野県の広域基幹林道台ヶ峰線一号橋として 1996

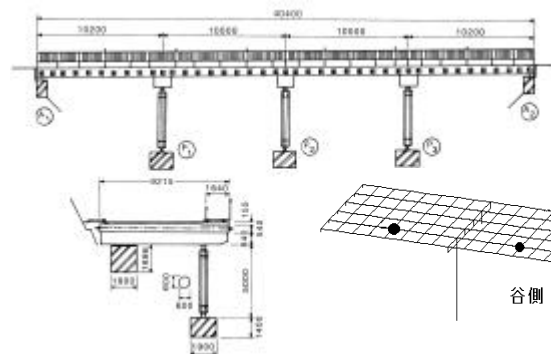


図-1 一般図

年 10 月架設されたわが国最大規模の 4 径間連続プレストレスト木床版車道橋（木のかげはし）である．本橋は設計活荷重 25A によって設計され，また，図-1 に示す床版及び橋脚に構造用集成材を用いた，橋長 40.4m の世界的

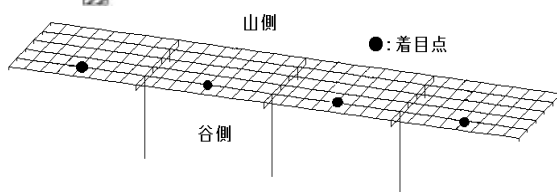


図-2 3次元構造解析モデル

にも最大規模の一等木造車道橋である．この対象橋梁に対する総節点数 240 の 3 次元構造解析モデルを作成する．その 3 次元構造解析モデルを

図-2 に示す．

(2)動的応答解析法 本研究では，4 径間連続プレストレスト木床版道路橋で，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う．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， $\beta=1/4$ として解析を行う．なお，解析における減衰定数は実験値から得られた 0.0408 を用い，振動次数によって値は変動しないものとする．

(3)路面凹凸モデル 本研究で用いた路面凹凸は，本田氏らが測量レベルを用いて，56 道路橋，測定ライン 84 の縦断方向の橋面凹凸に関する実態調査に基づく平均的な路面凹凸パワースペクトル密度 $S_r(\Omega)$ として，Cut-off wavenumber を $\Omega_c=0.05(\text{c/m})$

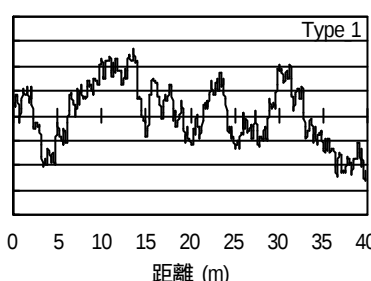
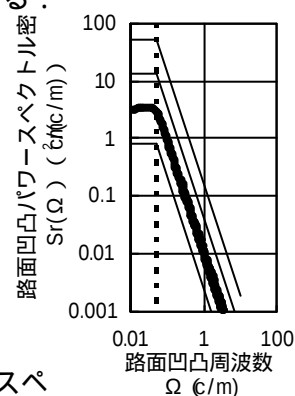


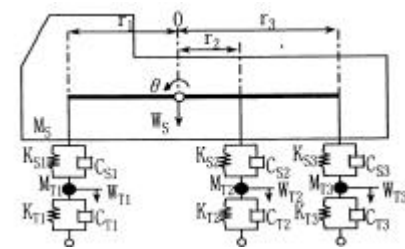
図-3 サンプル路面凹凸波形

において， $S_r(\Omega)=0.002992\Omega^{-1.94}$ ， $\Omega>\Omega_c=0.05$ (c/m)， $\Omega=0.05$ (c/m) の路面周波数領域では， $S_r(\Omega)=3.34(\text{cm}^2/\text{c/m})$ の平坦なスペクトルとする．これは「Average」のカテゴリに属する路面性状を示している．図-4 路面凹凸パワースペクトル密度



(4)車両モデル 本研究では走行車両は図-5 に示す 196kN の 5 自由度系平面車両モデルを用いる．

(5)固有値解析 対象橋梁について固有値解析を行った結果を表-1 に示す．また，その結果から得られた固有



振動モード図を図-6 に示す．この表には，平成 8 年 10 月 24 日と 25 日の両日に渡って行われた，架設技術の諸問題を実験データの基に総合的に検討するための実験結果からの固有振動数も示す．解析値と実験値の両者は，小さい差異がみられるが，4 次振動まではよく一致していると考ええる．4 次以降の振動数および振動モードは解析値のみとなるが，5・6・7 次振動モードにねじれ振動が現れ，本橋の特徴がよく現れた結果と考える．

キーワード：近代木車道橋 動的応答解析 動的影響評価

〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇ヶ丘 7-1 金沢工業大学 Tel.076-294-6712 Fax.076-294-6713

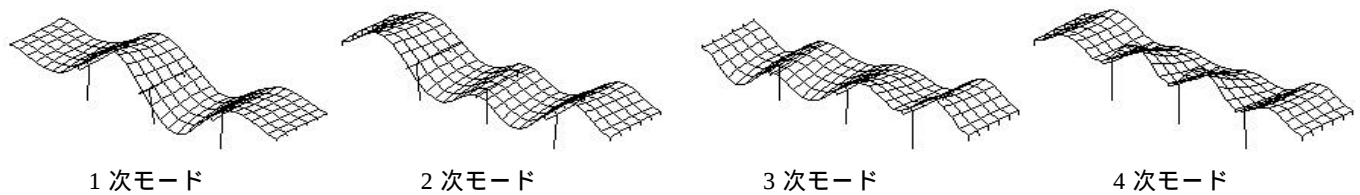


図-6 固有振動モード

(6)動的増幅率 本解析では，継手部段差による衝撃力を考慮していない状態で，動的増幅率の検討を行う．また車両走行ケースは，実際の走行車両を考慮した場合，設計活荷重を再現することは不可能であることから，2台並列走行の設計強度が設計荷重とほぼ同等であると考えられる

表-1 固有振動数と振動モード

振動次数	振動モード	振動数(Hz)	
		実験値	解析値
1	曲げ1次	9.18	8.93
2	曲げ2次	10.35	10.92
3	曲げ3次	12.21	13.05
4	曲げ4次	14.45	14.23

ため，これを Case_1 と仮定する．さらに，設計活荷重の載荷方法と同じく，各径間中央点での影響線を考慮した2台並列連行荷重列走行を Case_2 に仮定する．なお，走行速度は 30km/h と 60km/h の2つのケースを仮定し，さらに，後述する衝撃係数の評価の妥当性を高めるために，路面凹凸状態「Average」のカテゴリの路面 30 通りを用いて行う．着目点は，図-2 に示すように各径間中央・谷側とする．動的増幅率 i の算定には次式 $i = (y_{dy, max} - y_{st, max}) / y_{st, max}$ を用いる．ここに， $y_{dy, max}$ は最大動的たわみ応答値， $y_{st, max}$ は最大静的たわみ応答値である．ここで，それぞれのケース，走行速度の平均値を算出する．

(7)衝撃係数 本研究では，前節に記述した走行ケース Case_2 で得た動的増幅率の平均値を衝撃係数とする．さらに，本研究ではこの平均値以外に，得られた衝撃係数の変動に対する標準偏差の計算を行い，平均値に加算して評価を行う．具体的には，平均値に 2σ を加えた値に比較・評価を行う．その結果を図-7 に示す．このように，標準偏差を用いて衝撃係数の評価をした結果，第1・4径間と第2・3径間では差異がみられる．そして，本橋の設計衝撃係数の代表値 0.25 より大きい値であるために，本橋の設計で用いられた設計衝撃係数 0.25 は小さい値を採用していることになる．

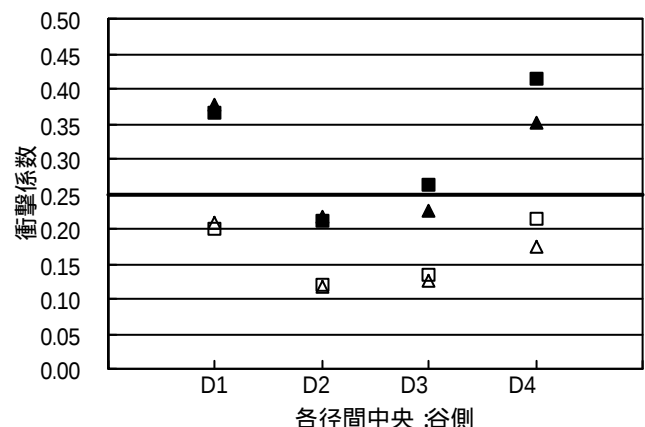
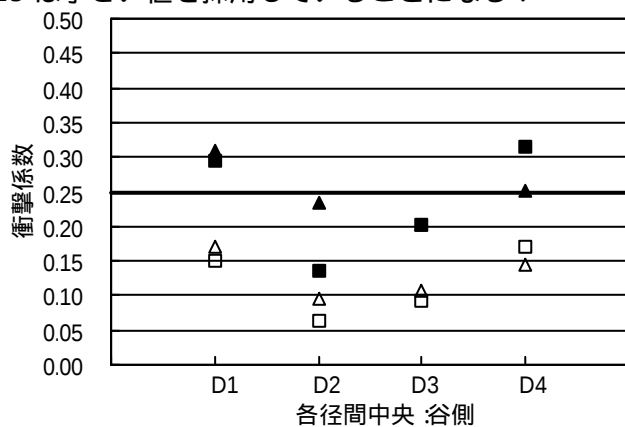


図-7(a) Case_1 の速度と各径間の衝撃係数 ($+2\sigma$)

図-7(b) Case_2 の速度と各径間の衝撃係数 ($+2\sigma$)

注) ▲ : 30km/h , ■ : 60km/h (標準偏差考慮), ○ : 30km/h , □ : 60km/h (平均値), D1 ~ D4 各径間中央の着目点

3. まとめ 本研究では，近代木車道橋（木のかげはし）を，直接積分法を利用して動的応答解析を行い，木製床版橋の動的応答特性の把握および動的影響の評価を行った．また，近代木橋の設計衝撃係数の代表値として用いられている，0.25 に対する評価を行う一連のながれを提示した．今後，本橋を含め，近代木橋の走行車両に対する動的影響の実験的および解析的研究によって，より合理的な設計衝撃係数を検討していくことが重要であると考えられる．

最後に，本研究を遂行するにあたり，金沢大学土木工学科深田宰史助手に深謝の意を表します．