

九州大学	正 員	小坪 清真
九州大学	学生員	鳥野 清
九州大学	学生員	○ 柿川 英明

1. まえがき

高千穂橋梁は高橋脚上に架設され中央スパンの特に長い三径間連続トラス鉄道橋である。従来、このような高橋脚上に架設され橋梁の耐震設計法については、まだ合理的な計算法が確立されていないのが現状である。著者等は高千穂橋梁に対して起振機による振動試験を行い、その振動試験から得られ振動性状を使って ELCENTRO 地震の応答スペクトルから最大応答変位を求めた。その結果中央スパンでなく右側のスパンに 22cm という最大応答変位を生じていた。この原因は、2 次の変位モードが大きく影響しているためで、耐震設計上、桁及び橋脚の剛性、スパン割などに考慮すべき点があると考えられる。

そこで、本論文は桁が上弦材と下弦材で各々異なる振動をしていることから、桁が曲げと捩れの連成振動をしているものと考えて振動方程式を求めて理論解としての振動性状を求め、次に桁の捩り剛性、橋脚の剛性、スパン割を変えて振動性状を変化させ、その結果、最大応答変位を小さくする振動性状を求め、耐震設計向上に対して役立つ資料を得ようとするものである。

2. 既設橋の変位応答

図-1 に示すのが高千穂橋梁の概略図である。右側のスパンは単純梁である。

図-2 は実験より得られた振動性状を使って、ELCENTRO 地震の速度応答スペクトルを使用して最大応答変位を求めたものである。これは ELCENTRO 地震を入力とした実際の応答計算から得られた最大応答変位とはほぼ一致していた。

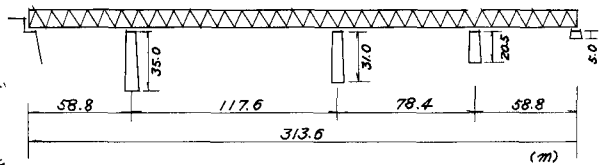


図-1 高千穂橋梁一般形状図

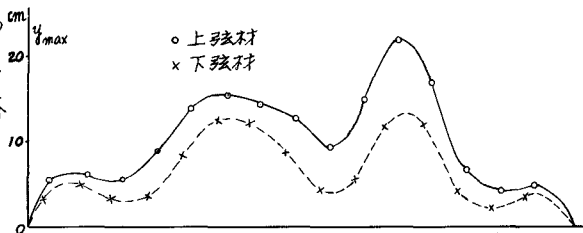


図-2 最大応答変位

3. 曲げと捩れの連成振動の理論

この橋梁を曲げ剛性 EI 、捩り剛性 GI_t の連続橋として解析すれば、水平変位モード $X_{is}(\eta)$ 、回転変位モード $\Theta_{is}(\eta)$ は次の形で与えられる。

$$X_{is}(\eta) = A_{is} \sin \lambda_s \eta + B_{is} \cos \lambda_s \eta + C_{is} \sinh \lambda_s \eta + D_{is} \cosh \lambda_s \eta \quad (1)$$

但し、

$$\lambda_s^4 = \frac{\gamma A I_t^2 \omega_s^2}{EI^2}$$

$$\Theta_{2s}(\eta) = E_{2s} \sin(d \lambda_s^2 \eta) + F_{2s} \cos(d \lambda_s^2 \eta) \quad (2)$$

但し、
$$d = \sqrt{\frac{E I I_0}{G J A l^2}}$$

 I_0 : 2次モーメント

橋脚は換算重量を持ったバネで支えられているものとし、 GJ は1パネルにモーメントを作用させて求めた。このようにして得られた変位モードが図-3の実線である。●印は上弦材、×印は下弦材の実験より得られた変位モードである。この場合の GJ は各スパン一定である。下弦材の変位は実験値に比べ大きい、全体的にはほぼ実験値に一致している。この結果からこの理論式を用いても良いと言えよう。そこで、この橋梁の採り割性、スパン割を変化させて変位モードの変化を調べてみた。

図-4の(a)は GJ を10倍したときの2次の変位モードで、 GJ の変化に対して振動性状の変化は少なく、 GJ を4、5倍したときには殆んど変化が認められない。図-4の(b)は全長一定のもとで、中央スパン長を2パネルだけ短く、オ3スパン長を2パネル長くしたときの2次の変位モードである。このモードでは最大応答変位を減らすことが出来ない。中央スパン長を1パネル分だけ増減させても殆ど変化は見られなかったが、2パネルだけ長くすると桁が左右対称形となり、2次と同じモードは消えた。

4. 応答計算

この橋梁を上弦材と下弦材の2質点系に分割し、各質点に質量が集中しているものと考え、 S 次の i 点の変位モードを Y_{is} 、制振係数を β_s 、速度応答スペクトルを S_{vs} 、固有円振動数を ω_s とすれば、最大応答変位(y_{max})は次式で求められる。

$$y_{i, max} = \sqrt{\sum_{s=1}^n \left\{ \beta_s \cdot Y_{is} \cdot S_{vs, max} / \omega_s \right\}^2} \quad (3)$$

GJ 、スパン長を変化させて求めた $y_{is}(\eta)$ を用いて(3)式から $y_{i, max}$ を求めて、図-2と比べてみる。この結果については、講義当日発表予定である。

図-3 変位モード

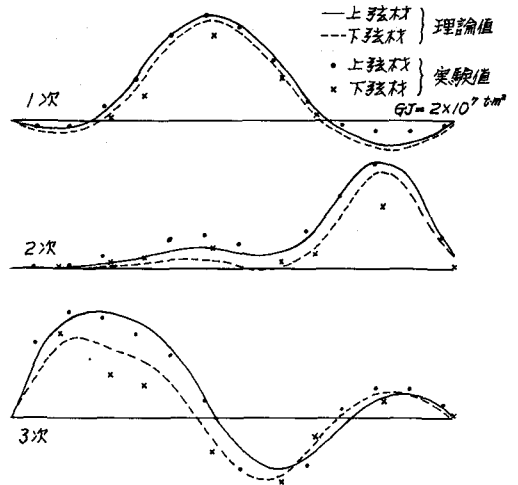
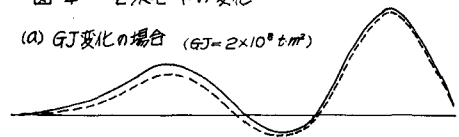
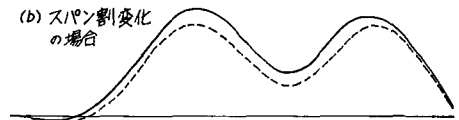


図-4 2次モードの変化

(a) GJ 変化の場合 ($GJ = 2 \times 10^7 \text{ t m}^2$)



(b) スパン割変化の場合



中央スパン長 98 m, 右スパン長 98 m