

立命館大学大学院	学生員	○工藤 章弘
(株)駒井鉄工	正会員	細見 雅生
(株)駒井鉄工	正会員	木場 和義
立命館大学理工学部	正会員	小林 紘士

1. はじめに

長大斜張橋の場合、ガスト応答について振動の発生回数が比較的多く、疲労照査が必要とされている。よって橋梁の空力応答特性とともに、それに大きな影響を与える自然風の特徴、すなわち風向、風速および迎角の特性を考慮することにより、市街地や起伏の激しい付近の長大橋を想定し、その安全性を確かめる。また、ガスト応答について橋軸直角方向からかなり偏角した風向角を有する風に対しても応答が発生することが指摘されており、本研究では特に広い風向角範囲まで空力応答現象が出現することに注目しながら、細見ら¹⁾による合理的な疲労照査の方法で行う。

2. 研究方法

中央支間長 500m、750m、1000m の 3 径間連続鋼斜張橋を対象とし、各モデルの固有値解析を行い、鉛直たわみ振動を 1 次から 10 次モードまで求めた。また、ガスト応答解析については鉛直たわみ振動を対象とし、明石海峡大橋耐風設計要領²⁾に示されているガスト応答解析に従って行った。ここで、鉛直乱れ強度を 10% と 15% にし、設計風速 80m/s までのガスト応答解析を行った。

疲労に対する照査の方法としては、従来より用いられている累積疲労損傷度 D による方法(式1にもとづく)と「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」³⁾などに示されている等価応力範囲 σ_e による方法(式2にもとづく)が考えられる。ここでは両方法について疲労限を考慮する場合と考慮しない場合の計算を行い、比較することとした。

$$D = \left(\sum_{i=1}^k n_i / N_i \right) \quad (1) \quad \sigma_e = \sqrt[m]{\sum_{i=1}^k (\sigma_i)^m \cdot n_i / N_i} \quad (2)$$

σ_i : 変動応力範囲 n_i : σ_i の振動発生回数 N_i : σ_i に対する疲労寿命
 N : 全振動回数 m : 疲労設計曲線の勾配

疲労照査の対象とする材料の特性として、文献3)に示されている直応力を受ける継手とケーブルの E ランクと K1 ランクを使用する。照査する部材位置については断面力が大きくなる点を複数選出し、そこにおける応力度を調べて選定する。今回、照査を行った点は、鋼部材については 500m、750m、1000m において側径間の端部に近い位置とした。また、ケーブル部材についてはそれぞれ最上段部のケーブルとした。

3. 解析結果

風速は 80m/s まで、風速、風向、迎角の確率的な生起頻度を考えて、100 年間のガスト応答による応力の発生回数を計算した。各スパンの照査位置の最大応力度は 1 次モードで生じており、その応力度を照査の対象とした。発生回数の算定にあたっては、簡単のためガスト応答が、あるひとつの平均振動数を持つものと仮定した。たわみ応答は 1 次モードが卓越しているが、曲げ応力度については高次モードの影響も考えた振動数の数え方が必要であり、またより疲労に対して厳しい条件にするために、高次モード(5 次モード)の振動数を平均振動数と仮定した。求められた応力範囲とその振動回数を図2に示す。図2で、応力範囲の小さい領域において、各スパンの発生振動回

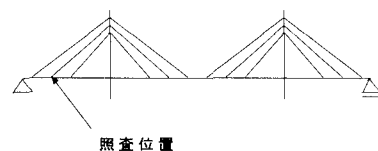


図 1 疲労照査位置

数が非常に多く、500m では広い範囲において多くなっており、スパンが長くなると同じ応力範囲の振動回数が少なくなっている。その理由は、生起頻度の高い 5m/s~20m/s の低風速域において発生する応答振幅は、500m が最も大きくなる。それを応力度に換算すると、その領域に関しては500m の応力範囲

が大きくなり、その振動発生回数も大きくなるからである。図3に各スパンの累積疲労損傷度の変化を示す。累積疲労損傷度の比較においては、図2に示す各応力範囲の振動発生回数に関係している。スパンが長くなるにつれて高風速域では大きな応力度が発生するが、そのような風速の発生頻度は非常に小さく、累積疲労損傷度または等価応力範囲を考慮する際の影響は少ない。また、図4では各スパンの等価応力範囲とその合計振動回数をS-N曲線に示す。鋼部材とケーブル部材を考えると鋼部材の方が疲労に対して問題があるという結果になったので、ここでは鋼部材だけの結果を示している。ここで各スパンについて、累積疲労損傷度、等価応力範囲のいずれで計算しても疲労には関係がないという結果が得られた。各スパンを等価応力度で比較してみると、疲労限を考慮した場合は応力度がどれも同程度の大きさとなっており、合計振動回数が関係してくる。また、疲労限を考慮しない場合においては、振動数も同じ程度となる。

4. 結論

今回、市街地や起伏の激しい付近にある長大斜張橋を想定し、鉛直乱れ強度を 15% まで考慮するなど厳しい条件で疲労照査を行った。しかし、ガスト応答については、中央支間長 1000m 程度までの斜張橋においては、従来から言われているように問題ないという結果であった。

しかし、水平方向の振動も考慮した場合や、中央支間長 1500m 級の超長大斜張橋においてはより高次モードの影響が大きくなり、疲労に問題が生じてくることも考えられる。

謝辞

本研究の遂行するにあたり、学部学生の朴峻佑君に多大なるご協力を頂き深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 細見雅生、小林紘士、新田吉伸：橋梁の渦励振およびバフエッティングに対する疲労照査について、鋼構造シンポジウム、1995.11
- 2) 本州四国連絡橋公団：明石海峡大橋耐風設計要領・同解説、1990.2
- 3) (社)日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説、1993.4

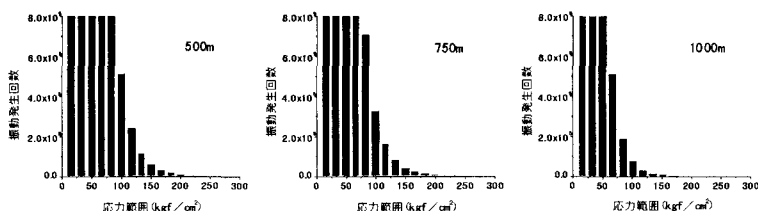


図2. 応力範囲と振動発生回数 (iw=15%)

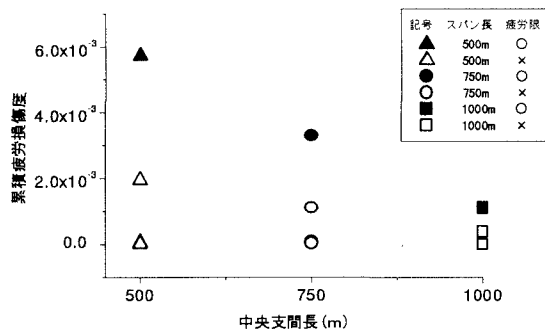


図3. 累積疲労損傷度 (iw=15%)

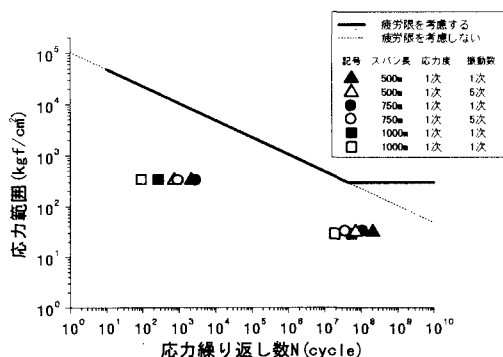


図4. 鋼部材のS-N曲線 (iw=15%)