

I-165

斜吊材を有する長大吊橋の変動活荷重による吊材疲労に関するシミュレーション解析

横浜国立大学 学生員 菅野 匡

" 正 員 宮田 利雄

" 正 員 山田 均

1. はじめに 斜吊材をもつ吊橋のひとつが開通後16年という短時日のうちにその吊材を全面的に交換せざるを得ない状況に至ったことはよく知られている。この原因として、斜吊材が本来的に大きな応力変動を生み、従って疲労破壊を促したと考えられる。他の研究で、疲労破壊への風によるバフティング振動の寄与を検討した結果¹⁾、中央径間の3L/8、5L/8点付近における寄与は少なくないとの知見を得た。それでは、最大原因としてしばしば指摘される自動車荷重の過載状態の寄与はどの程度になるのか解析したものが本研究である。これは、昨年度²⁾に続く第2報である。

2. 解析対象 本研究では、実際に疲労破壊を起こしたS橋、および同じ斜吊材をもつが側径間がボックスティ構造となった往復6車線のB橋を基本モデルとする。さらに、吊材断面積をそれぞれ0.8, 1.2倍したS0.8, S1.2のケースを加え、合計4種類のモデルを解析対象として、比較検討することとした。

3. 解析方法 交通流による道路橋の応答に関するシミュレーション解析はこの種の信頼性解析の分野で数多く行われているが、交通流を確率過程論的に取り扱ったものは参考文献3)を知るのみである。また、疲労破壊を確率論的に取り扱ったものも数少なく、牧野等⁴⁾、三木等⁵⁾の研究を見るだけである。これらはいずれも疲労照査を行う部材の応力影響線を予め求めておき、その上をモデル化した自動車荷重を流すシミュレーション法によって応力時系列を得、累積疲労度を算定している。本研究もこれらの研究と同様の方法によってシミュレーションを行ない考察を加える。

シミュレーションの正確さを期すためには実際に即した時系列としての交通流を想定することが肝要である。したがって、都市内高速道路(4車線)で実測された統計データに基づいて自動車交通流を計算機によってシミュレートし、それぞれの車両荷重を時々刻々鉛直荷重として載荷した。交通の設定状況は渋滞時および深夜とし、車種を大型車、中型車、トレーラー、乗用車の4つに分類し、確率変量として車重および車頭時間を考えた²⁾。

吊材の応力時系列を72.8時間分求めた結果から、広帯域応力応答に有効な計数法であるHL法によって応力レンジを拾い上げる。吊材の疲労強度曲線については、ほぼ同径ワイヤーに関する実験結果によることとし⁵⁾、応力レンジからMiner則によって累積疲労度を算定した。

4. 考察 図-2は渋滞時のS橋中央吊材の応力レンジ確率密度関数である。着目した数本の吊材は各モデルとも直線部と曲線部に分けられるほぼ同形状の分布をなしている。表-1には中央径間中央およびL/3点付近の吊材の応力・応力レンジの標準偏差、累積疲労度期待値を掲げた。応力の標準偏差と応力レンジのそれには関連性があり、この事実は確率過程の極値理論的解釈がある程度可能であることを示している。さらに、応力の標準偏差は影響線関数の2次モーメントから予測する方法が篠塚等によって与えられているので、これを用いれば影響線関数より疲労寿命の吊材相互の大小関係程度は予測可能であると考えられる。

5. 結論 (1)バフティング振動の場合と異なり中央径間中央付近の累積疲労度が大きい。これは影響線関数の形状と荷重の分布特性に関連している。しかし、中央からはずれるに従って推定寿命は急速に延び、L/3付近の吊材で中央の約100倍である。(2)S橋の吊材断面積を1.2倍したモデルでは 1.2^{-m} 倍(ここでmはS-Nの曲線の勾配である。)の累積疲労が期待されるが、結果は約0.6倍にとどまっており特別に大きな差異を生じていない。(3)累積疲労度の高精度算定には超過確率の小さな範囲を精度良く推定することが課題である。

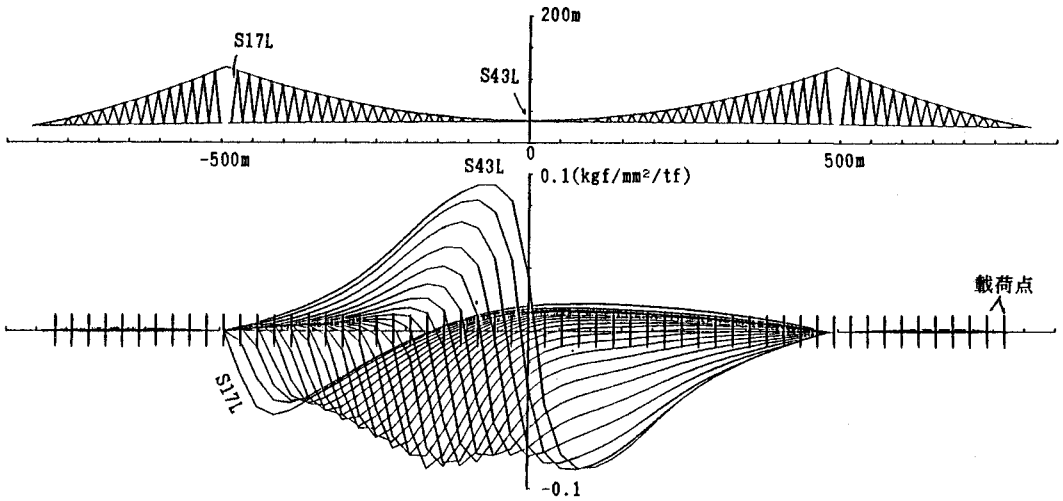


図-1 Sモデル吊材応力影響線図

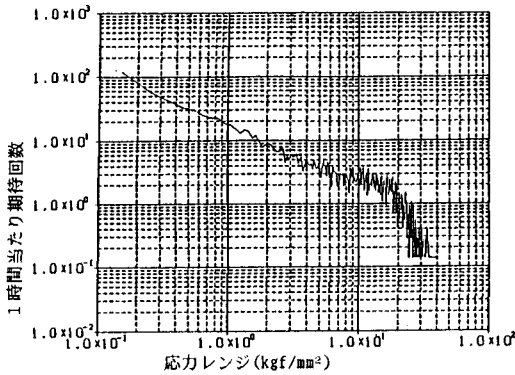


図-2 応力レンジ密度 (Sモデル中央吊材-渋滞時)

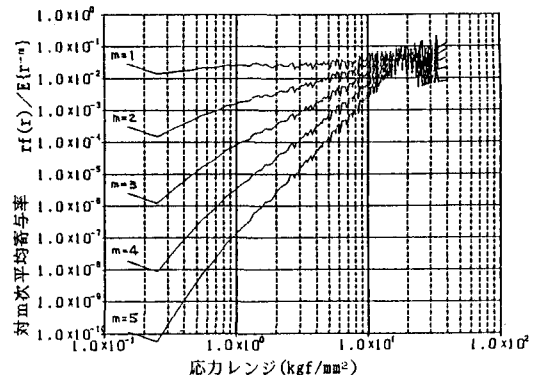


図-3 応力レンジ対m時平均寄与率 (Sモデル中央吊材-渋滞時)

表-1 応力・応力レンジ標準偏差, 累積疲労度

項目	モデル	S		S 0.8		S 1.2		B	
	吊材	中央	L/3	中央	L/3	中央	L/3	中央	L/3
渋滞時	応力標準偏差 (kgf/mm²)	6.3	2.3	6.7	2.4	4.6	2.2	5.8	2.3
	レンジ標準偏差 (kgf/mm²)	6.3	2.8	6.7	2.9	5.9	2.7	5.8	2.8
	レンジ総数 (hour⁻¹)	163	210	164	211	164	209	180	237
	累積疲労度 (x10⁻⁵ hour⁻¹)	5	0.03	6	0.06	3	0.02	4	0.04
深夜	応力標準偏差 (kgf/mm²)	2.2	1.0	2.4	1.1	2.1	1.0	2.2	1.1
	レンジ標準偏差 (kgf/mm²)	3.3	1.4	3.6	1.5	3.1	1.3	3.2	1.5
	レンジ総数 (hour⁻¹)	209	304	208	305	212	304	241	335
	累積疲労度 (x10⁻⁵ hour⁻¹)	0.2	0	0.2	0	0.08	0	0.1	0

参考文献

- 宮田, 山田, 斜吊材を有する吊橋の空力的効果に関する確率論的考察, IABSE Congress(Vancouver), 1984.9
- 菅野, 宮田, 大谷, 模擬自動車交通流に基づく斜吊材を有する長大吊橋の吊材疲労解析, 第40回年講I-160, 1985.9
- 高田, 藤野, 伊藤, フローを考えた確率過程モデルによる橋梁の活荷重応答, 第39回年講I-236, 1984.10
- 牧野, 小松, 岡田, 久保, 変動活荷重を受けるケーブルの疲労に対する信頼性手法, 土木学会論文集-I, No.362, 1985.10
- 三木, 後藤, 古田, 森, コンピュータシミュレーションを用いた道路橋の疲労荷重および疲労設計に関する研究
土木学会論文集-I, No.356, 1984.4
- 奥川, 吊材ハンガーロープの引張および疲労試験, 本四技報, Vol.12, No.5, 1978.7