

経年変化の影響を考慮した橋梁構造物の耐震性能評価に関する 基礎的研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○荒木 一徳
 鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二
 鹿児島大学工学部 正会員 木村 至伸

1. 目的

我が国の膨大な量の社会資本の多くは近年、更新を迎えようとしている。構造物の長寿命化のためには適切な維持管理が必要であるが、そのためには、構造物の供用期間内に起こり得る劣化や損傷などが耐震性能に及ぼす影響を把握しておくことが重要である。構造物の劣化に関しては様々な研究がなされているが、その環境要因や使用条件が極めて多様で複雑になると考えられる。本研究では、経年に伴う損傷の一つである、活荷重による疲労損傷を不確定量として扱い、耐震性能に及ぼす影響について検討した。

2. 解析モデル及び解析方法

本解析で用いた解析モデルを Fig.1 に示す。節点数 53、要素数 52 の全長 160m の不等橋脚で、橋脚 1,4 の高さ 15m、橋脚 2,3 の高さを 25m とし、その基礎を固定しており、橋脚 2,3 はラーメン結合、それ以外は弾性ゴム支承の 5 径間連続橋梁構造物を用いた。構造物の部材は全て鋼材を用い、橋脚断面は円形中空断面とし、橋桁は I 型断面を用いてモデル化した。Table に各部材の断面形状を示す。

本研究では、以上のように設定した解析モデルに対して L 荷重を用いた静的解析と、時間刻みを 0.005 秒とした場合の Newmark の β 法 ($\beta=0.25$) を用いて地震応答解析を行った。静的解析では、幅員を 6.25m、特定できる範囲の荷重である P_2 荷重の載荷幅を 10m、衝撃係数を 1.25 として、 P_2 荷重が桁の左端から右端を通過するように 16 通りの解析を行った。また、部材は非線形性を有しており、降伏応力は 140MPa とした。また、経年変化を考慮する場合、モンテカルロシミュレーション (MCS) 法を用いて検討した。その結果から得られる最大応答量の平均値 $\bar{S}$ とその標準偏差 σ_S 、また強度特性の平均値 $\bar{R}$ とその標準偏差 σ_R を与えると、信頼性指標を用いて橋梁構造物の耐震性能を表すことができる。すなわち、信頼性指標 β は次式で表される。

$$\beta = \frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad \dots (1)$$

また、経年による部材の疲労損傷についてだが、静的解析結果を用いて疲労損傷の影響を検討した。疲労強度の基準として、100MPa が 200 万回作用すると疲労破壊が生じると仮定し、このとき 40MPa 以上の曲げ

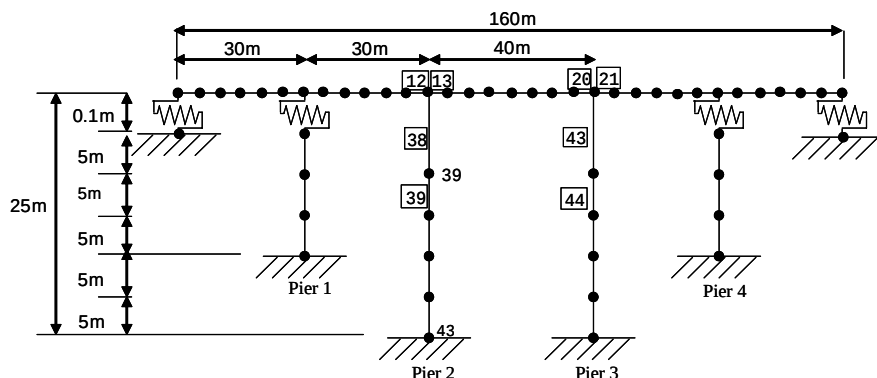


Fig.1 解析モデル

Table 断面形状

	外径 (m)	内径 (m)	断面積 (m ²)
Girder (I 型断面)			0.462
Pier 1,4 (円形中空断面)	1.5	1.46	0.093
Pier 2,3 (円形中空断面)	4	3.99	0.0627

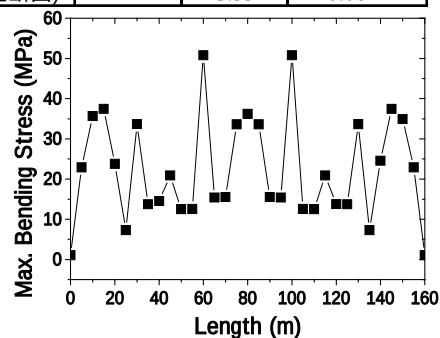


Fig.2 曲げ応力の分布形状(橋桁)

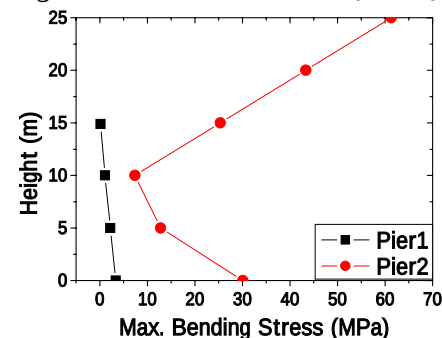


Fig.3 曲げ応力の分布形状(橋脚)

応力が作用した要素のみ疲労損傷の影響を考慮した。疲労損傷の評価についてはマイナー則を適用した。また、地震波に関しては、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された南北波 Kobe-NS を用いた。

3. 解析結果及び考察

Fig.2 と Fig.3 に静的解析結果を示す。Fig.2 は縦軸が 16 通りの解析の曲げ応力の最大値、横軸が桁の左端からの距離を示している。この結果から、60m,100m 地点で応力が大きく発生しているが、これは、ラーメン構造にした橋脚 2,3 との支点到に力が集中しているためだと考えられる。Fig.3 は縦軸が橋脚 1,2 それぞれの高さ、横軸が 16 通りの解析の曲げ応力の最大値を示している。橋脚 4 は橋脚 1、橋脚 3 は橋脚 2 とそれぞれ同じ結果になることから、橋脚 1,2 に関してのみ記載する。この結果から、橋脚 2 に力が集中している。これは、ラーメン構造に基づく要因だと考えられる。

次に、経年変化による部材の疲労損傷の影響について変動係数 10% として信頼性の検討を行う。経年により疲労損傷が蓄積するということは、ある繰り返し回数に対して部材の耐力が低下することである。そのため、降伏強度 230MPa、及びに安全率を考慮した降伏応力 140MPa が低下するとし、それらを不確定量としてモンテカルロシミュレーション (MCS) 法を用いて解析した。

Fig.4 と Fig.5 は 400gal, Fig.6 と Fig.7 は 600gal が作用した場合における、50 年後に最も疲労損傷の影響が大きい節点 39 で部材の疲労強度 $\bar{R} = 0.0, 0.2, 0.4$ となった場合の信頼性指標 β の経年変化を示している。Fig.4, と Fig.6 は疲労損傷が最も大きい節点 39、Fig.5 と Fig.7 は最も大きな曲げ応力が生じる節点 43 を示している。加速度の大きさに関わらず、疲労損傷の影響を考慮した節点 39 では経年により信頼性は低下している。一方、考慮しない節点 43 では経年に対して信頼性が増加することがわかる。これは、経年に従って疲労損傷が大きい点には、曲げ応力がより集中していくことによるものと考えられる。また、400gal が作用した場合では部材の疲労強度 $\bar{R} = 0.4$ の場合は常に信頼性指標が 2.3 を上回っており、破壊確率が 1% 以下のため、安全であると言える。逆に $\bar{R} = 0.0, 0.2$ の場合は 48 年目以降下回っており、何らかの危険性を伴う結果となった。また、600gal が作用した場合は節点 43 では常に危険性を伴う状態となった。

4. まとめ

本研究では、疲労損傷の影響を考慮した場合の経年変化による信頼性評価を行ったが、疲労損傷の蓄積やその程度、また地震波の大きさによって信頼性が大きく異なることがわかった。このことから、疲労損傷の影響を考慮すること、さらに疲労損傷の程度や地震波が作用する時期、地震波の大きさなど様々なパターンについて検討することは重要であると考えられる。

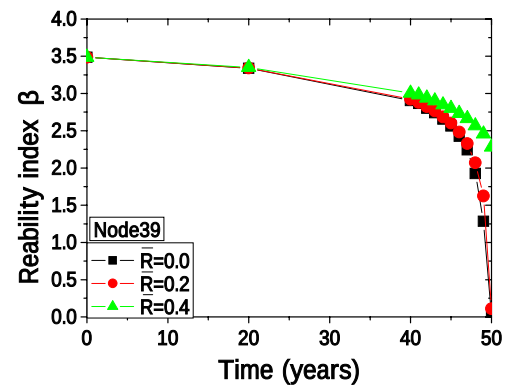


Fig.4 信頼性指標(400gal)

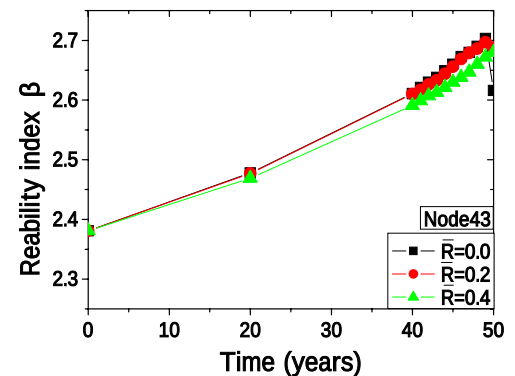


Fig.5 信頼性指標(400gal)

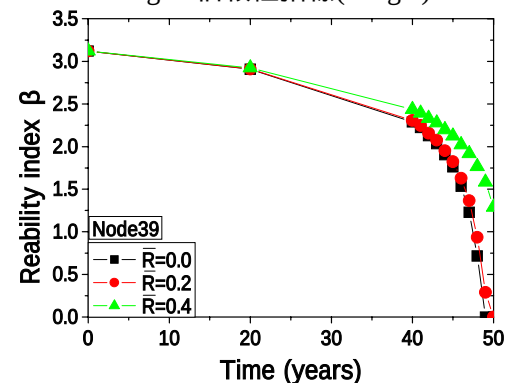


Fig.6 信頼性指標(600gal)

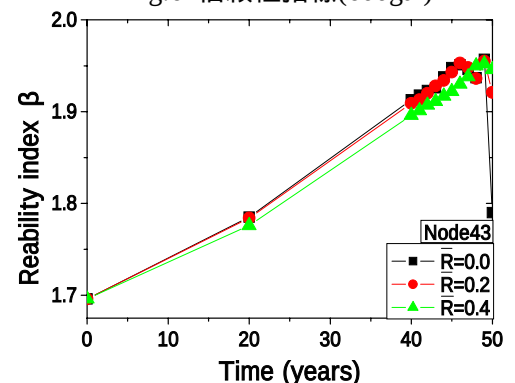


Fig.7 信頼性指標(600gal)