

多径間連続橋伸縮継手における信頼性解析

豊橋技術科学大学

○猪野 健吾

豊橋技術科学大学大学院 学生員

Leelawat Chartchai

豊橋技術科学大学 正員

栗林 栄一

1. はじめに 自動車等の走行性改善や伸縮継手破損防止等の構造上の改善、さらに騒音・振動等の環境改善をはかるため、伸縮継手を少なくとれる構造形式の橋梁として多径間連続橋が広く採用されつつある。連続橋は、桁が複数のスパンにわたって連続しているので、その水平移動量・伸縮量は同スパン長の単純桁のそれに比べ大きくなる。桁の水平変位はおもに橋軸方向の水平荷重によって支配され、その要因として地震・温度による荷重が考えられる。これらの荷重は不確定要素が多く示方書・各道路公団規準により安全率に基づくさまざまな設計荷重が定められているが、これらの荷重が継手の水平変位の立場から評価した場合、適切であるか興味あるところである。また安全評価が過大なため特に多径間において不経済な設計となっているおそれがある。これらのことを踏まえて、本研究では多径間連続橋の伸縮継手の安全性を、パラメトリックに信頼性解析を行うことにより明らかにし、設計条件に応じた適切な設計伸縮量を設定するための一資料を得ることを目的とする。

2. 継手の信頼性解析¹⁾ 本研究の信頼性解析では、性能関数 Z つまり安全余裕を確率変数であるローラー支承の限界移動量 δ_R と実移動量 δ_S の差で定義し、 $Z \leq 0$ となる確率を破壊確率 P_f として算定する。(図-1参照) 実移動量 δ_S は、確率変数である地震応答加速度と温度の関数で表される。破壊確率 P_f を検証する方法としてはレベル2法を用いた。レベル2法とはデータが十分に得られない場合変数の確率密度関数を正確に規定することは困難であると考え、平均値と分散のみでその変数の確率統計的性質を代表させ、分布形を規定せずに構造物の安全性を評価するいわゆる2次モーメント法である。

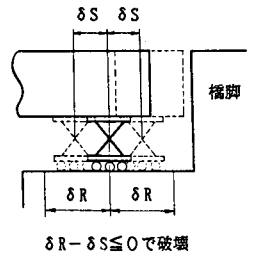


図-1 継手の安全余裕

3. 解析モデル・荷重モデル 解析に用いる基本モデルとして図-2に示すような3径間連続PC橋(モデル1)および5径間連続鋼箱桁橋(モデル2)を選定した。この基本モデルの断面で後に述べる径間数や橋脚高さなどをパラメータにとって信頼性解析を行う。また荷重モデルとして、東京における過去37年の年最高(最低)気温記録をもとにして算定した構造物温度と過去20年の年最大地震応答加速度記録をそれぞれ統計的に極値分布I型(GUMBEL分布)にあてはめ、その平均値・標準偏差を決定荷重とした。

これらのモデルの設計震度・温度による変位と統計算定した震度・温度による変位の比較を行ったところ図-3のようになり、特にモデル2の鋼箱桁橋では継手の伸縮量の点からみればかなり不経済な設計になると考えられる。

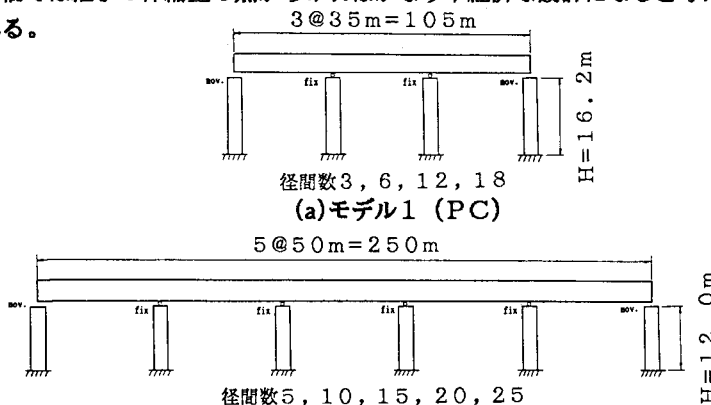


図-2 解析モデル (b)モデル2 (鋼箱桁)

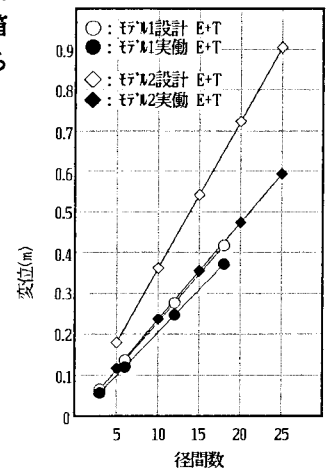


図-3 径間数-変位図

4. 信頼性解析結果 解析パラメータとして①径間数 ②橋脚高さ ③桁と橋脚の支持条件 ④非免震・免震橋脚断面 ⑤限界移動量 δ_R をとりそれぞれについて破壊確率Pfを求めた。限界移動量の確率分布の決定は現在使用されている鋼製フィンガージョイントの製品データ等が必要であり、現時点ではその設定は困難である。今回は基準の限界移動量の平均値を次式で表し、変動係数0.05の正規確率分布と仮定した。

$$\delta_R = (\text{設計震度による水平変位量}) + 0.6L$$

ここに、 δ_R : 限界移動量(mm)

L: 伸縮桁長(m)

モデル1、2とも図-5に示すように橋脚高が大きいほどPfが大きくなるが、径間数がある程度多くなるとPfは収束する傾向がある。また支持条件ケース2（剛橋脚）の方がPfは小さくなるが、橋脚高が低い場合は差は小さい。Pfのオーダー自体は、 $H/H_0=1.0$ の原設計モデルにおいては一破壊モードとしては比較的小さいといえる。目標破壊確率を $Pf=10^{-3}$ （ノルウェー建築構造物設計示方書²⁾の許容破壊確率「重大さ：重大でない・歪硬化により耐力を保つ破壊モード」を参考）にした場合、所要の限界移動量 δ_{Ra} がどれくらいになるかを図-6に示す。仮定式の δ_R と比較するとモデル1、2いずれも δ_R/δ_{Ra} が約1.2あり、仮定式つまり現行設計基準にしたがって伸縮量を設定した場合やや不経済になることがわかる。免震橋に関しては表-2に示すように、同タイプの非免震橋と同じ安全性（この場合 $Pf=10^{-3}$ ）を確保するには、 δ_R を3.6～3.9倍にとる必要があることがわかる。

5. 結論 多径間連続橋の伸縮継手において信頼性解析を行い、次のことが明らかになった。

①現行設計に従って設計した多径間連続橋は、変位自体は径間数に比例して大きくなるが、破壊確率Pfは収束する傾向があるので、継手破壊モードのみに着目すると、限界移動量 δ_R を橋長に比例して設定すれば多径間化がはかれる。

②橋脚と桁の支持条件として、剛結した剛橋脚の方がピンで支持するフレキシブル橋脚よりもPfは小さくなるが、橋脚高が低い場合はその差は小さい。

③非免震橋梁よりも免震橋梁の方が限界移動量は大きくなる必要がある。今回は免震モデル化して構造解析を行っていないので安全側評価となっているため、今後はこの点を考慮してより厳密に解析する必要がある。

6. 参考文献

- 1) 星谷 勝、石井 清：構造物の信頼性設計法、鹿島出版会、1986
- 2) Nordic Committee on Building Regulations: Recommendation for Loading and Safety Regulations for Structural Design, NKB-Report No.36, Nov.1978

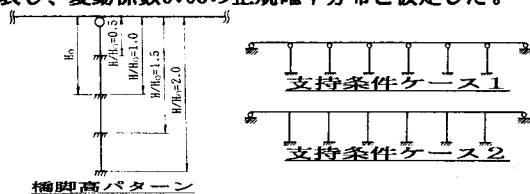


図-4 橋脚高・支持条件

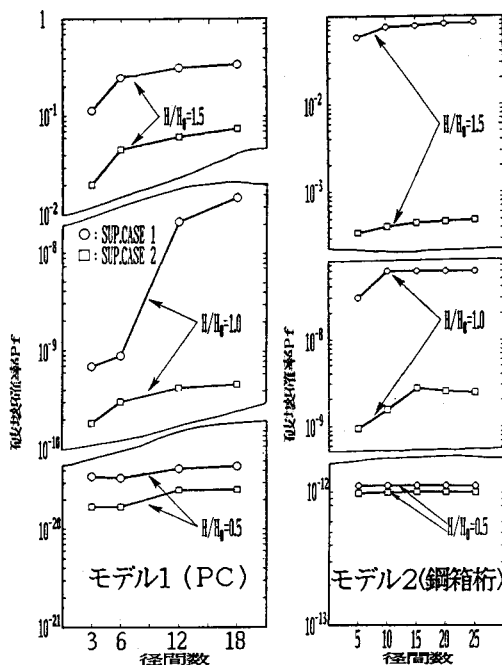


図-5 解析結果

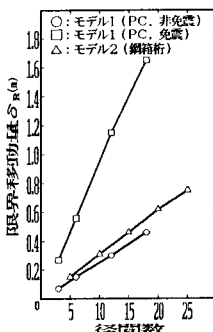


図-6 $Pf=10^{-3}$ での限界移動量

表-1 免震・非免震の比較・単位(m)

径間数	非免震モデル δ_{R1}	免震モデル δ_{R2}	δ_{R2}/δ_{R1}
3	0.07	0.27	3.86
6	0.15	0.56	3.73
12	0.30	1.15	3.83
18	0.46	1.65	3.59