

多径間連続高架橋の信頼性解析に関する研究

豊橋技術科学大学

○上高原 正弘

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

現在、高速道路における高架橋の問題点として挙げられるのが伸縮継手の存在である。橋面上に存在する伸縮継手は車両走行上の快適性を著しく低下させ、また伸縮継手ならびにその近傍の構造部材に破損をきたし、高速道路の維持管理上の大きな問題点となっている¹⁾。このため、伸縮継手が不要な、あるいは極力減らした構造形式、いわゆる多径間連続高架橋の研究が行われている。しかし、現行示方書に規定されている道路橋の設計法は経験的事実に根拠をおく安全率を用いた許容応力度法を採用しているため、多径間連続高架橋の設計は単スパン橋に比べ不経済な断面となる。そのため、多径間連続高架橋はあまり用いられていないというのが現状である。欧米では、許容応力度設計法の不備を是正し、構造物の安全性の適正な裏付けを持つ設計法である限界状態設計法に移行されつつある。我が国においても、現行示方書に規定されている道路橋の設計法の改良が望まれている。そのためには、現行示方書によって設計された多径間連続橋の信頼性を明確に知る必要がある。そこで本研究では、多径間連続高架橋における限界状態設計法の研究の第一歩として、許容応力度設計法による多径間連続高架橋の破壊確率を様々な構造形式ごとに求め、理想的な構造形式を考えつつ許容応力度法によって設計された多径間連続高架橋の信頼性を明らかにする事を目的とする。

2. 構造形式の選定・比較及び断面の設計

(1) 構造形式の選定 多径間連続高架橋において、現在、市街化地域の首都高速道路で採用されている、橋長350m・橋脚高12m・支間長50mの7径間連続高架橋を対象とする。構造形式の選定として、橋脚と上部スラブとの結合条件及び橋脚の剛性を変化させることを選定の基準に考え、図-1のような5つのタイプを想定した。荷重は、地震・温度荷重を考慮し、現行示方書より、地震による水平震度 $K_h=0.26$ ・温度変化 $\Delta t=+30^{\circ}\text{C}$ と考える。

(2) 構造形式の比較 図-1に示した5タイプ(基礎形式：直接基礎)の構造形式について、主として橋脚の曲げモーメントに着目し、温度変化及び地震の水平震度による影響を比較した。その結果、最大曲げモーメントが起こる橋脚はTYPE-4が他のタイプより小さいことが分かった。しかし、他の橋脚においては、TYPE-4の曲げモーメントが大きい。このことから、TYPE-4が地震及び温度変化による影響を理想的に各橋脚に分散しているといえる。

(3) 断面の設計 地震と温度変化による影響を考慮しているため、設計における許容応力度の割増しを行う。現行示方書より、地震と温度の組み合わせによる割増し係数「1.65」を用い、断面の周囲鉄筋を算定する。次に、破壊抵抗曲げモーメントを求め、設計荷重を大きく上回る荷重が作用する場合であっても、部材が破壊しないように設計した。

3. 部材の信頼性解析

(1) 解析方法²⁾ 構造部材の破壊確率を検証する方法として、現在、採用されているレベル2法を用いて部材の信頼性解析を行った。レベル2法とは、データーが十分に得られないと変数の確率密度関数を

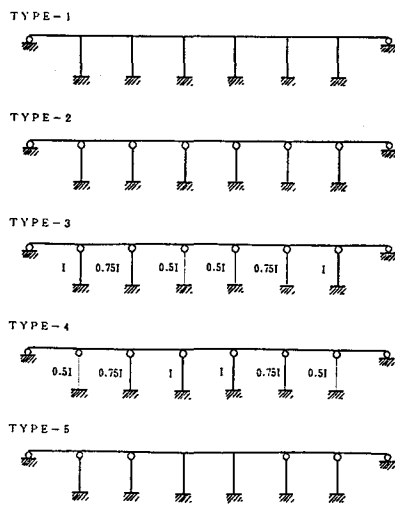


図-1 7径間連続高架橋の構造形式

正確に規定することは困難であると考え、平均値と分散（標準偏差，変動係数）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2次モーメント法である。また、安全性指標 $\beta=3$ ・破壊確率 $P_f=0.001350$ と仮定し各構造形式の比較を行う。

(2) 結果、考察 レベル2法を用いて、部材の破壊確率を求めたものを図-2に示す。これを見ると、橋脚の剛度を変化させた構造形式の部材は破壊確率が高いといえる。図-3は桁と橋脚の結合条件を変化させた構造形式について、断面力を統一した場合の部材の破壊確率を求めたものである。この形式は図-2で大きな差がないものの、図-3においては、TYPE-1の破壊確率が低いことが分かる。以上のことより、橋脚の剛度を変化させた構造形式より桁と橋脚の結合を剛結とした形式の部材が連続橋として最適であると思われる。また、破壊確率($P_f=0.001350$)との比較を行うと、すべての構造形式が安全と言える。

4. 構造主系の信頼性解析

(1) 解析方法³⁾ 構造物のシステム破壊確率（総合安全性評価の指標）の算定方法として、先に算出された部材の各要素節点の破壊確率を用いて重要破壊モードを探索するという基本的考えの分枝限界法(Branch-and-Bound Method)を用いた。また、安全性指標 $\beta=5$ ・破壊確率 $P_f=2.868 \times 10^{-7}$ と仮定し各構造形式の比較を行う。

(2) 結果、考察 分枝限界法を用いて破壊確率を求めた結果を図-4に示す。これを見ると、部材の破壊確率同様、橋脚の剛度を変化させた構造形式は破壊確率が高い。図-5は桁と橋脚の結合を変化させた構造形式について、断面力を統一した場合のシステム破壊確率を求めたのである。この図より桁と橋脚を剛結とした構造形式が最も破壊確率が低いといえる。以上のことより、部材の信頼性同様、橋脚の剛度を変化させた構造形式より桁と橋脚の結合を剛結とした形式が連続橋として最適と思われる。また、破壊確率($P_f=2.868 \times 10^{-7}$)との比較を行うと、すべての構造形式が安全と言える。

5. 結論

7径間連続高架橋における信頼性解析の結果、橋脚と上部スラブとの結合条件を剛結とした構造形式が破壊確率及び最大曲げモーメントの比較により、最も理想的な構造形式であることが分かった。しかし、完全剛結という施工性の問題がある。また、許容応力度法による設計では非常に高い安全率である事がわかった。よって、理想的な構造形式で最適な安全率とすれば、現行示方書による設計より経済的で安全な連続高架橋とする事ができる。今後の課題としては、この構造形式において限界状態設計法と許容応力度法による設計との比較を行い、どの程度経済的な構造物に出来るかを調べる必要がある。

6. 参考文献

- 1) 日本道路公団：多径間連続高架橋の研究，橋梁と基礎，1978
- 2) 星谷 勝，石井 清：構造物の信頼性設計法，鹿島出版会，1986
- 3) P.Thoft-Christensen, Y.Murotsu, Application of Structural Systems Reliability Theory, Springer-Verlag, Tokyo, 1986.

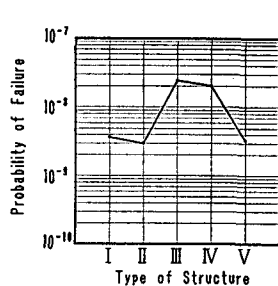


図-2 部材の破壊確率

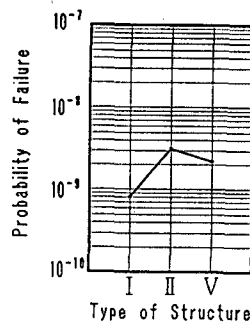


図-3 断面力を統一した場合の部材の破壊確率

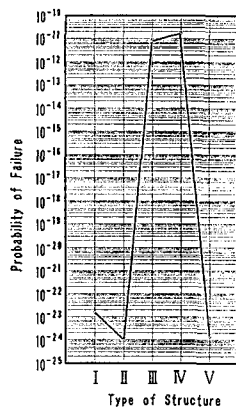


図-4 構造主系の破壊確率

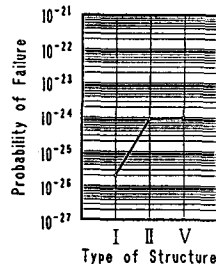


図-5 断面力を統一した場合の構造主系の破壊確率