

多径間連続斜張橋における合理的な設計活荷重の検討

阪神高速道路 正会員 ○杉山裕樹 正会員 金治英貞
総合技術コンサルタント 正会員 渡邊裕規 正会員 明田 修

1. はじめに

多径間連続斜張橋は、活荷重の偏載荷によって従来の3径間斜張橋と比べ、①活荷重たわみ増大、②径間中央部の主桁の曲げモーメントの増大、③上段ケーブル張力の増大、④中央主塔の曲げモーメントの増大などの課題がある(図-1)。これらは現行の設計法である影響線載荷によって生じ、数100mの区間ごとに満載と非載荷を繰り返す載荷状態となる。これは現実的にはほとんど生じない状態であり、過度に安全側の設定と考えられる。そこで、本検討では図-2に示すRC主塔を有する3径間および5径間連続斜張橋を対象に、設計供用期間中の最大応答レベルを適切に評価した合理的な活荷重設計法を提案することを目的としている。ここでは、実態活荷重に基づく活荷重シミュレーションにより供用期間100年の最大応答値と発生頻度の関係を求め、信頼性評価に基づく限界状態設計法による部分係数を算出する。最後にそれを適用した場合の効果を示す。

2. 活荷重シミュレーション

架橋地点を都市高速と想定し都市高速にて得られる交通特性をモデル化し車両列載荷のモンテカルロシミュレーションにより各部材の応答値を求める。交通特性及び車両重量は前報1)に示す。渋滞ケースは図-3に示す橋上を起点とする渋滞を含む22ケースを想定した。

各着目部材の100年の最大応答値の平均値および5%フラクティル値を、本四基準の等価L荷重を影響線載荷して得られた断面力(従来設計)に対する比として表-1に示す。すべての部材で1.0を下回り、特に部材Cを除けば平均値54~77%、標準偏差0.03~0.05と小さく、これらの部材の100年最大応答が従来設計の値を超える確率は極めて小さい結果となった。

3. 橋梁規模および車重特性の違いによる比較

図-4に示すような一般的な桁橋における応答、また、車重特性の異なる一般国道での活荷重計測結果に基づく活荷重モデルでの応答について述べる。一般国道での活荷重モデルの特性値は文献2)を参考に設定した。都市内高速より重量が重く、大型車・トレーラの平均で5~6%、最大重量で81~67%大きい。図-5に各橋梁各部材に対して、都市内高速モデルを基準とした国道モデルの最大応答値の比と影響線基線長との関係を示す。影響線基線長が200m付近で増

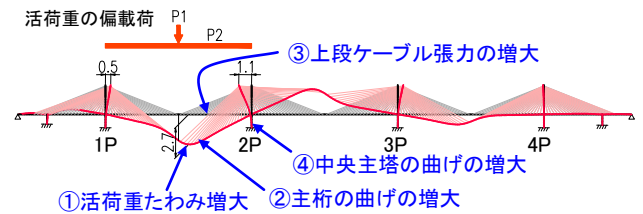


図-1 多径間連続斜張橋の構造特性

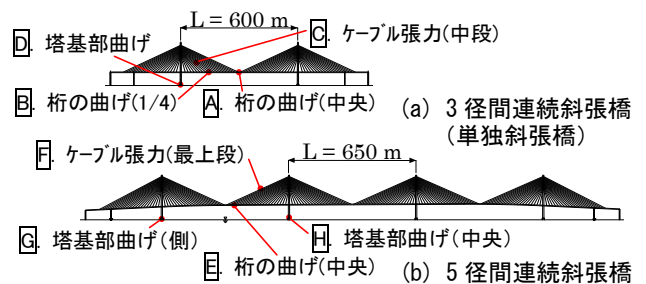


図-2 検討対象橋梁

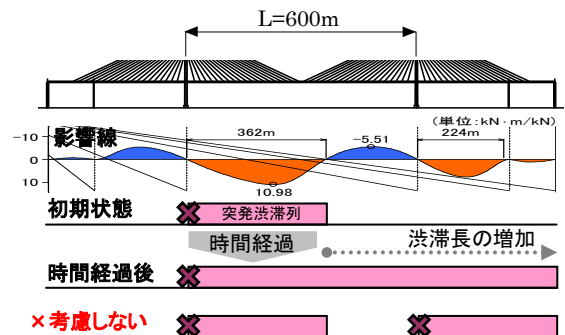


図-3 検討に考慮する橋上突発渋滞の例

表-1 各部材の最大応答の設計値に対する比率

部材	平均	標準 偏差	フラクティル値		0.5	1.0
			5%	1%		
単独斜張橋						
A. 桁の曲げ(中央)	0.70	0.042	0.78	0.83	平均	5%フラクティル
B. 桁の曲げ(1/4)	0.56	0.032	0.61	0.65		
C. ケーブル張力(中段)	0.95	0.022	0.99	1.02		
D. 塔基部曲げ	0.70	0.043	0.77	0.81		
連続斜張橋						
E. 桁の曲げ(中央)	0.54	0.033	0.60	0.63	平均	5%フラクティル
F. ケーブル張力(最上段)	0.72	0.031	0.78	0.81		
G. 塔基部曲げ(側)	0.73	0.045	0.81	0.85		
H. 塔基部曲げ(中央)	0.77	0.043	0.84	0.89		

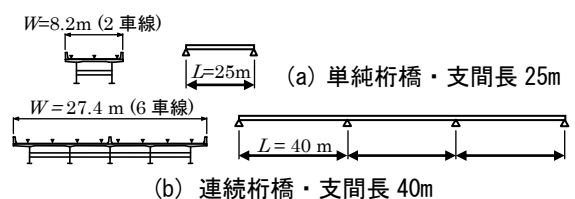


図-4 一般的な桁橋モデル

キーワード 多径間連続斜張橋, 限界状態設計法, 実態活荷重, シミュレーション, 信頼性解析

連絡先 〒552-0007 大阪市港区弁天 1-2-1-1900 阪神高速道路(株) 建設・更新事業本部 TEL 06-6599-1753

加率が急変する特徴を示す。これは、図-6 に示す関係で説明できる。桁橋のように影響線基線長が短い場合は、重量車が数台しか載荷されないため、車重分布のすそ野に相当する最重量級の重量車が載荷されたときに最大応答となる。桁橋の最大応答の増加率約 60%はトレーラの最大重量の増加率におおむね対応しており、影響線基線長が長い場合の増加率約 7%は、車重の平均値の増加率に対応する。

4. 部分安全係数の算出

限界状態設計法の照査式は文献 3) による。ここでは、前項で得られた活荷重の最大応答値の確率分布をもとに、ISO2394:1998 に基づき信頼性指標 β_T を 3.8 として、FORM 法および設計値法により部分係数の算出を行った。なお、抵抗側の材料と部材耐力のばらつきは、別途調査にもとづいた材料強度試験の計測値、および部材強度評価式のばらつきを考慮した確率分布を与えた。活荷重の特性値は等価 L 荷重とした。すべての部材の活荷重係数と影響線基線長との関係を図-7 に示す。構造特性や活荷重特性により活荷重係数の値は大きく異なる。桁橋の国道モデルによる活荷重係数は 1.5~2.3 の範囲にあり、文献 4) の L-20 荷重に対する修正係数の 1.7, AASHTO LRFD の 1.75 に近い値である。また、2 つの活荷重モデルで計算した活荷重係数は、影響線基線長が長くなるにしたがってその差が狭まる。これは、国道モデルの最大応答の増加率に対応する。活荷重モデルの車重分布のすそ野（過積載車両の特性）は不確定性が大いと考えるが、影響線基線長が長いほど、すそ野の影響を受けにくくなることも重要な特性である。

5. 試設計

前述で算出した部分安全係数に基づき試設計を行った。ここでは、活荷重で断面が決定される 5 径間連続斜張橋の RC 中央主塔の事例を示す。表-2 に試設計に用いた部分安全係数を示す。材料係数の計算値は 1.0 以下であったが 1.0 とし、活荷重係数に関しても 1.0 以下の計算値に対し、活荷重の将来変化等の不確定性を想定し 1.1 とした。RC 中央主塔基部の設計結果を従来設計法と比較して図-8 に示す。従来設計に比べ、大幅に断面縮小できることが確認された。

6. まとめ

本稿では実態活荷重に基づく信頼性評価によって、連続斜張橋の活荷重に関する部分安全係数を影響線基線長の違いにより現行設計法より合理的に小さくできる可能性があることが示された。引き続き、これまで日本では例のない長大な連続斜張橋特有の構造特性に対応した合理的な設計法の検討を行っていく予定である。

参考文献

1) 杉山ら：多径間連続斜張橋における設計活荷重の検討，第 68 回土木学会年次学術講演会講演概要集，I-284，pp.567-568，2013.9.
2) 国土技術政策総合研究所：道路橋の設計自動車荷重に関する試験調査報告書，国土技術政策総合研究所資料第 295 号，2006.1.
3) 例えば，土木学会：複合構造標準示方書（2015 年版），2015.3. 4) 土木学会：鋼構造物設計指針 PART A 一般構造物（平成 9 年版），1998.10.
5) H. Sugiyama, H. Kanaji, H. Watanabe, O. Aketa, A study on vehicular live load design based on actual vehicular load for a multi-span large cable-stayed bridge, Multi-span large bridges, pp.207-208, 2015.7.

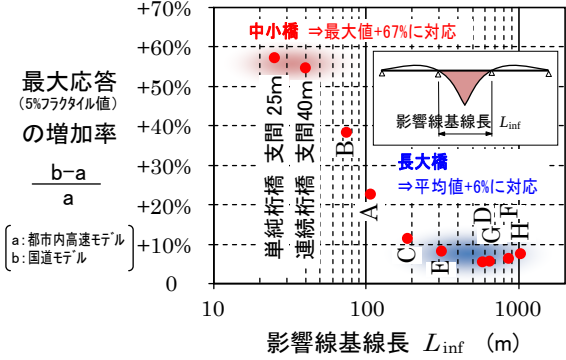


図-5 国道モデルによる最大応答の増加率

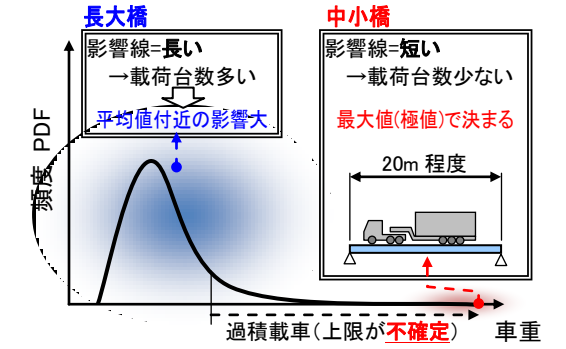


図-6 橋梁規模による最大応答の車重分布との対応

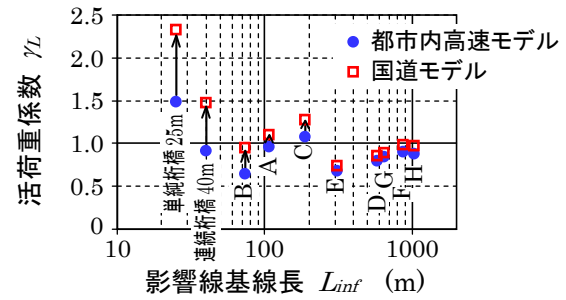


図-7 都市高速モデルと国道モデルの活荷重係数

表-2 RC 主塔の設計で設定した部分安全係数

部分係数	(設定に考慮した不確定性)	値
材料係数	$\gamma_{m,c}$ (設計基準強度 f_{ck})	1.00
	$\gamma_{m,s}$ (鉄筋の降伏点 σ_y)	1.00
部材係数	γ_b (曲げ耐力照査式の実験値との差)	1.20
活荷重	γ_L	1.10
構造解析係数	γ_a	1.05
構造物係数	γ_i	1.00

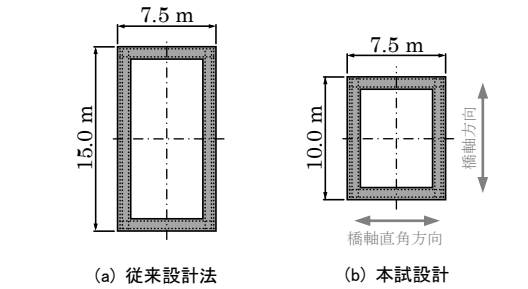


図-8 RC 中央主塔基部の設計結果の比較