

鋼道路橋を構成する部材の信頼性バランスに関する考察

(株) 荒谷建設コンサルタント (前 国土技術政策総合研究所交流研究員) 正会員 ○山崎健次郎
 国土技術政策総合研究所 正会員 玉越 隆史
 国土技術政策総合研究所 白戸 真大
 本州四国連絡高速道路 (株) (前 国土技術政策総合研究所研究官) 正会員 横井 芳輝
 中電技術コンサルタント (株) (前 国土技術政策総合研究所交流研究員) 正会員 川見 周平

1. はじめに

現在、道路橋の設計は、従来からの経験的かつ確定的な荷重組合せを用いる一方、荷重組合せに応じて、許容応力度を割りましている。また、横方向については、特定の荷重を載荷することを前提に簡略化した計算モデルを別途作り、設計している。実際には様々な荷重による応答が発生することに対して、構造細目等を定めたりすることで配慮されているが、多様な橋梁構造に対して、信頼性のバランスが取れているかどうかは検討の余地がある。そこで、本研究では、道路橋示方書に基づき設計された鋼道路橋を対象に、国総研が提案する荷重係数¹⁾を用いて応答を算出し、断面の余裕度を検討した結果を報告する。

2. 対象橋梁

本研究では、鋼道路橋 20 橋に対して、主に死荷重、活荷重に抵抗するとされている主桁、及び、横荷重についてのみ抵抗するとされている対傾構に着目して分析を行った。従来から実績の多い鋼鈑桁橋 7 橋、鋼箱桁橋 8 橋、鋼少数鈑桁橋 5 橋であり、それぞれの橋の支間長は一般的な適用支間の範囲内にある。

3. 許容応力度設計と部分係数設計

本研究では、断面発生応力度を分子、降伏応力度を 1.7 で除した値を分母として無次元化した発生応力度を用いて、部分係数設計法と許容応力度設計法における発生応力度を比較する。また、両設計法における発生応力度を比較するにあたって、許容応力度設計法における断面力は、もともとの荷重組合せを許容応力度の割増し係数で除したものをを用いて、算出する。表-1 に部分係数設計法と許容応力度設計法における荷重組合せと許容値の考え方の違いを整理した。国総研にて提案している荷重組合せと荷重係数は、主方向、横方向、鋼橋、コンクリート橋、上部構造、下部構造などの違いによらず、同一の荷重組合せを適用して設計するように提案されており、橋の各部材に生じる断面力について、100 年程度の期間を目安に、最大断面力を与え得る組合せとそのときの荷重寄与率が再現出来るように与えられている。そこで、原理的に、抵抗係数は、荷重組合せに応じて補正するものではない。他方、許容応力度設計法では、荷重組合せは確定的であり、従荷重との組合せでは許容応力度を割り増す。これは、荷重係数を乗じない状態で荷重の単純和を取ることについて、その状況が生じる稀さに応じて応答を補正しているものとも解釈できるため、上記のとおり扱った。

表-1 荷重組合せと許容値の考え方

	許容応力度設計	部分係数設計									
荷重組合せ	・鋼橋、コンクリート橋、下部構造など構造の違いで荷重組合せが異なる	・構造の違いや、主方向・横方向によらず荷重組合せを統一									
	・主方向と横方向の荷重組合せが異なる										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>荷重組合せの例</th> <th>許容応力度の割増し係数</th> <th>安全率 / 割増し係数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>活荷重 + 死荷重</td> <td>1.00</td> <td>1.70</td> </tr> <tr> <td>活荷重 + 死荷重 + 温度</td> <td>1.15</td> <td>1.48 (=1.70/1.15)</td> </tr> </tbody> </table>		荷重組合せの例	許容応力度の割増し係数	安全率 / 割増し係数	活荷重 + 死荷重	1.00	1.70	活荷重 + 死荷重 + 温度	1.15	1.48 (=1.70/1.15)
	荷重組合せの例		許容応力度の割増し係数	安全率 / 割増し係数							
活荷重 + 死荷重	1.00	1.70									
活荷重 + 死荷重 + 温度	1.15	1.48 (=1.70/1.15)									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>荷重組合せの例</th> <th>安全率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.0×活荷重 + 1.0×死荷重</td> <td>1.70</td> </tr> <tr> <td>1.0×活荷重 + 1.0×死荷重 + 0.8×温度</td> <td>1.70</td> </tr> </tbody> </table>	荷重組合せの例	安全率	1.0×活荷重 + 1.0×死荷重	1.70	1.0×活荷重 + 1.0×死荷重 + 0.8×温度	1.70					
荷重組合せの例	安全率										
1.0×活荷重 + 1.0×死荷重	1.70										
1.0×活荷重 + 1.0×死荷重 + 0.8×温度	1.70										
許容値	・荷重特性値同士の単純和 ・荷重組合せに応じて許容値が変化 (割増係数)	・断面力 100 年最大値を捕捉する荷重係数と荷重組合せ ・橋 (部材) の限界状態に応じた許容値									

4. 試設計結果の分析

キーワード 信頼性設計, 荷重係数, 荷重組合せ, 鋼道路橋

連絡先 〒730-0847 広島県広島市中区舟入南 4-14-15 (株)荒谷建設コンサルタント 構造部 TEL: 082-234-5661

(1) 鋼橋主桁

桁支間及び連続桁では中間支点上の曲げモーメントについて、許容応力度設計法で最も厳しい応力度を生じさせた荷重組合せと、部分係数設計法で最も厳しい応力度を生じさせた荷重組合せの変化を整理した結果を表-2に示す。許容応力度設計法ではすべてD+Lの荷重組合せが厳しくなっていたが、部分係数設計法では、温度変化の影響を受けない可動支承の端径間では、1.00D+1.00Lの荷重組合せが、その他の径間では、1.00D+1.00L+0.80Tの荷重組合せが最も厳しい設計状況となるが多かった。しかし、1.00D+1.00L+0.80Tの組合せ発生する応力と1.00D+1.00Lの組合せで発生する応力は同程度であるため、実質的には断面変更などは生じることはないと考えられる。すなわち、許容応力度設計法であっても、構造形式や支間長によらず、バランスの取れた設計が実現できていそうである。

表-2 設計で支配的な荷重組合せと該当する断面の数の関係 (主桁) (箇所)

許容応力度設計法					部分係数設計法				
荷重組合せ	全体	鉸桁	箱桁	少数鉸桁	荷重組合せ	全体	鉸桁	箱桁	少数鉸桁
1.0D+1.0L	80	36	34	10	1.0D+1.0L	16	6	7	3
1.0D+1.0T	0	0	0	0	1.0D+1.0T	0	0	0	0
(1.0D+1.0L+1.0T)/1.15	0	0	0	0	1.0D+1.0L+0.8T	64	30	27	7

(2) 対傾構

20橋のうち鋼鉸桁橋3橋において、対傾構の弦材と斜材各1断面に対して同様の分析を行った結果を表-3及び表-4に示す。許容応力度設計法は、発生応力度に対して、十分大きな断面が設定されているという結果になる。これは、大

表-3 荷重組合せと無次元化応力度 (対傾構弦材) (無次元化応力度)

許容応力度設計法				部分係数設計法			
荷重組合せ	鉸桁A	鉸桁B	鉸桁C	荷重組合せ	鉸桁A	鉸桁B	鉸桁C
1.0W/1.2	0.24	0.33	0.56				
1.0EQ/1.5	0.16	0.22	0.35				
				1.0D+1.0L	0.14	0.98	1.19
				1.0D+1.0L+0.5W	0.28	1.18	1.52
				1.0D+1.0W	0.28	0.56	0.66
				1.0D+0.9EQ	0.18	0.44	0.42

表-4 荷重組合せと無次元化応力度 (対傾構斜材) (無次元化応力度)

許容応力度設計法				部分係数設計法			
荷重組合せ	鉸桁A	鉸桁B	鉸桁C	荷重組合せ	鉸桁A	鉸桁B	鉸桁C
1.0W/1.2	0.21	0.18	0.46				
1.0EQ/1.5	0.14	0.12	0.29				
				1.0D+1.0L	0.27	0.88	1.58
				1.0D+1.0L+0.5W	0.39	0.99	1.85
				1.0D+1.0W	0.25	0.33	0.75
				1.0D+0.9EQ	0.16	0.26	0.55

きい風荷重(W)や地震の影響(EQ)の水平荷重のみ考慮した設計が行われる一方で、大きな許容応力度の割増しがあること、その結果、発生応力度に対してではなく、部材の細長比により断面が決まることが理由である。しかし、

提案する部分係数設計法では、鉸桁Aを除けば、断面に余裕がない、または断面が不足気味という結果を示す。すなわち、現行設計法による設計結果は、実際に近い荷重状態に対して信頼性を評価した場合、橋の構造特性に応じて信頼性が大きくばらつく可能性がある一方で、部分係数設計法を用いて構造を決定することで、橋梁間の信頼性のバランスが取れ、現行設計に比べて横方向部材の本数を減らして設置間隔を広くするなどの合理的な設計が可能な橋梁もあれば、横方向部材を増やす必要がある橋梁もあると考えられる。

5. 結論

橋の耐荷性能を信頼性に基づいて測る方法として部分係数設計法をうまく活用することで、バランスの取れた構造形式の開発につながる可能性を確認できた。ただし、まだ、十分な数での比較検討ができていないことや、検討結果が荷重組合せと荷重係数の設定にも依存するものであるため、妥当性や適用性の十分な検証を行っていく必要がある。

参考文献

1) 道路橋における作用断面力の統計的性質に関するシミュレーション;第69回年次学術講演会,土木学会,平成26年9月