

鋼道路橋の新荷重(B荷重)による 鋼重増加の統計的分析

当麻庄司¹・本田明成²・倉 真也³

¹フェロー Ph.D. 北海学園大学教授 工学部土木工学科 (〒064-0926 札幌市中央区南 26 西 11)

²正会員 CRC 総合研究所 (株) (〒060-0000 札幌市中央区北大通西 6)

³学生会員 大学院修士課程 北海学園大学工学研究科 (〒064-0926 札幌市中央区南 26 西 11)

著者らは前に鋼道路橋の鋼重のデータを集積して分析を行い、また鋼重を偏差値として表わすことを提案した。またその中で、平成 6 年に改定された新活荷重 (B 荷重) を用いて試設計を行い鋼重増加の予測をした。ここでは新荷重によって設計された橋の実績の鋼重データを集めて分析し、これまでの橋との比較および先の予測の検証を行う。その結果、単純鋼桁橋では偏差値が 53.8 となり、先の合成桁橋の試設計で予測した偏差値 53.1 に極めて近い値となった。単純箱桁橋と連続鋼桁橋に対しては、鋼重増加はこれよりも少ないことがわかった。

Key Words: steel structures, steel bridges, bridge design, steel weight, statistical analysis

1. まえがき

道路橋の自動車荷重が、平成 6 年 2 月にそれまでの 20tonf のトラック荷重を基本にした TL-20 から 25tonf のトラックを基本にした TL-25 に改定された¹⁾。当然それによって橋の重量は重くなるが、それがどの程度であるのかは実務に携わる技術者にとっては大きな関心事であるものの、これまで明確にはされていなかった。新荷重によって設計された橋の実績鋼重データが改定から 4 年を経過してようやく多数入手できるようになり、これまでの設計と比較することが可能になってきた。そこで本文では、新荷重で設計された鋼橋の鋼重データを集積して鋼重の増加の程度を統計的に分析し、自動車荷重の改定前後について具体的な比較を行う。

2. 新荷重による鋼重の予測

筆者らはこれまで道路橋の鋼重のデータベースを構築し、それぞれの橋の構造的特徴を偏差値によって簡単に分析する方法を提示してきた²⁾。その中で、単純合成桁橋について新旧道路橋示方書の荷重による比較設計を実施し、断面力の比較、主桁中央断面の比較および鋼重の比較を行った。それによると、新荷重 (B 荷重) による断面力 (活荷重のみ) は旧荷重 (L-20) に比べて、最大曲げモーメントで約 30%、最大せん断力で約 50%大きく

なることがわかった。これを合成桁で設計すると、断面 2 次モーメントでは約 10%大きくなければならないことになり、そして断面積では約 7%大きくなる。

このように活荷重のみによる断面力比較では大きな差が出てくるが、死荷重を含めた合計の断面力ではその差が小さくなり、結果的に鋼重に直接関係する断面積比較ではかなり小さくなっている。さらに鋼重となると主桁中央の断面積だけではなく、主桁端部の断面変化の度合いや 2 次部材、現場継ぎ手部等の影響も出てきて、その差がまた少し縮まることになる。結論として、新荷重 (B 荷重) によれば、旧荷重に対して鋼重偏差値は 53.1 になるということが導かれた²⁾。このことは、平均値 50、標準偏差 10 という偏差値の定義から、旧荷重の橋では上位約 38%の位置にあることを意味している。この予測はあくまで試設計に基づいたものであり、実際の設計ではどのような結果になるのか興味深い。そこで、以下実際の鋼重データに基づいて分析を行う。

3. 鋼重データベース

新荷重 (B 荷重) によって設計施工された鋼橋について、平成 6 年から 8 年 (完工年度) までの鋼重データ³⁾を集積した。橋の種類としては十分な数のデータが得られる単純鋼桁橋、単純箱桁橋および連続鋼桁橋 (いずれも非合成) の 3 種類に限定した。旧荷重の鋼重データ

表-1 データ数の比較

橋種	旧荷重データ数	新荷重 (B荷重) データ数
単純鈹桁橋	189	42
単純箱桁橋	187	34
連続鈹桁橋	477	106

表-2 鋼重分布の回帰式

橋種名		旧荷重	新荷重 (B荷重)
単純鈹桁橋	直線	$Y = 0.005866X + 0.0124$	$Y = 0.006446X + 0.001505$
	曲線	$Y = 0.00004621X^2 + 0.002075X + 0.0881$	$Y = -0.00005899X^2 + 0.01109X - 0.0883$
単純箱桁橋	直線	$Y = 0.005917X + 0.0778$	$Y = 0.006131X + 0.07435$
	曲線	$Y = 0.00004350X^2 + 0.001488X + 0.1866$	$Y = 0.00003593X^2 + 0.002547X + 0.1613$
連続鈹桁橋	直線	$Y = 0.003729X + 0.0533$	$Y = 0.003699X + 0.05613$
	曲線	$Y = -0.00003092X^2 + 0.006425X - 0.0035$	$Y = -0.00005325X^2 + 0.008453X - 0.0464$

ーは前の文献²⁾のものをを用いて比較する。比較に用いたそれらのデータ数を表-1に示す。

4. 鋼重分布の比較

図-1に単純鈹桁橋の鋼重分布について、旧荷重 (L-20)、新荷重 (B荷重) およびそれらの平均線 (回帰線) の比較を示す。同様に、図-2および3に単純箱桁橋と連続鈹桁橋の鋼重分布図とその比較を示す。連続鈹桁橋は主として3径間連続であり、支間長としては中央支間長をとった。各図の図(c)と(d)はそれぞれ平均の回帰直線式と2次式を比較したものである。平均線で比較すると、単純鈹桁橋では新荷重の鋼重が少し大きくなっているが、単純箱桁橋と連続鈹桁橋ではわずかに大きいだけでほとんど同じである。その原因を考察すると、断面の大きさを支配する曲げモーメントは先に述べたように約30%異なり、その結果フランジの寸法はかなり大きなものになると思われる。しかし、箱桁橋では曲げモーメントへの寄与が少ない腹板が2枚あるために、鈹桁橋よりはフランジの重量増加の全体に与える影響が緩和されことになったためと考えられる。また連続鈹桁橋では、連続支持であるために最大曲げモーメントの増加の影響が単純支持橋よりも小さくなるためではないかと思われる。

図-1~3の新旧活荷重に対する鋼重分布の回帰式を表-2に示す。新旧荷重のそれぞれに対して、直線式と2次式を与えている。また表-3には、新荷重の鋼重分布について回帰式で与えられる平均値に対する標準偏差と相関係数を示す。相関係数はかなり大きく、ここに示した鋼重はかなり支間に対して依存性が高いことがわかる。

比較の具体的な例として、単純鈹桁橋には支間40m、単純箱桁橋と連続鈹桁橋には支間45mを選び、鋼重の平均値を比較すると表-4に示すようになる。なお、この時の平均値としては表-2の直線式を用いた。各形式の鋼重値を比較するとかなり差があるが、特に単純箱桁橋は他の形式よりも重い。この各橋梁形式による鋼重の比較は文献2)を参照されたい。

表-4にはまた、旧荷重に対する新荷重の鋼重比が記されている。これをみると、最も活荷重の影響が大きい単純鈹桁橋で約5%増、その他の2形式ではわずかに1~2%増にとどまっている。このことは、活荷重の増加の割には鋼重は増加しないことを意味している。また、たとえ鋼重が増加したとしても、同じ橋梁形式ならば材料費がわずかに増加するだけで建設費全体に与える影響は非常に小さいと言える。

5. 鋼重増加の偏差値評価

鋼重比較を容易にするため、次式で表わされる偏差値による評価法が提案されている²⁾。

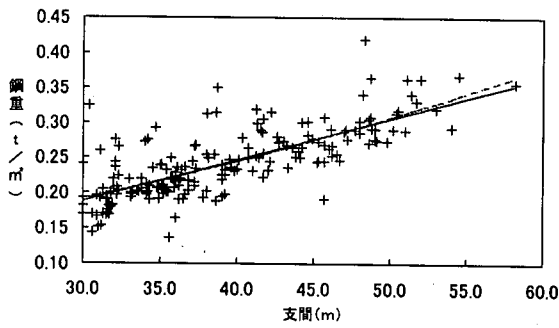
$$H = \frac{X - \bar{X}(L)}{\sigma} \times 10 + 50 \quad (1)$$

ここに、

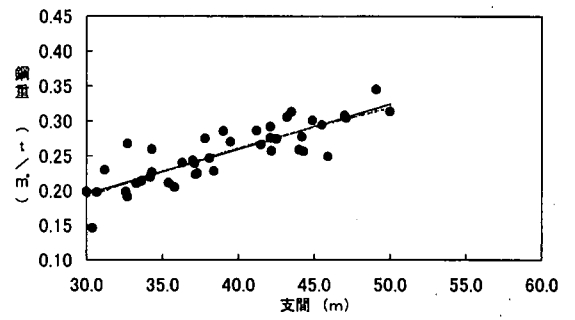
H: 偏差値, X: データ値 (鋼重値), $\bar{X}(L)$: 平均値

$$\sigma: \text{標準偏差} = \sqrt{\frac{\sum \{X - \bar{X}(L)\}^2}{n-1}}$$

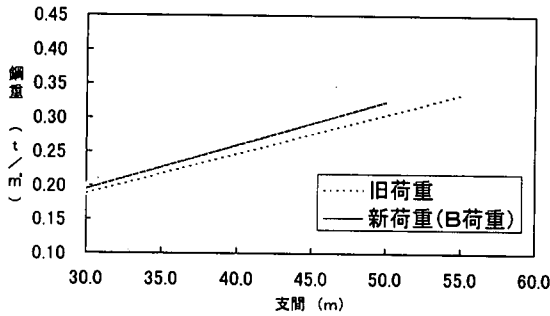
n: データ総数, L: 支間長



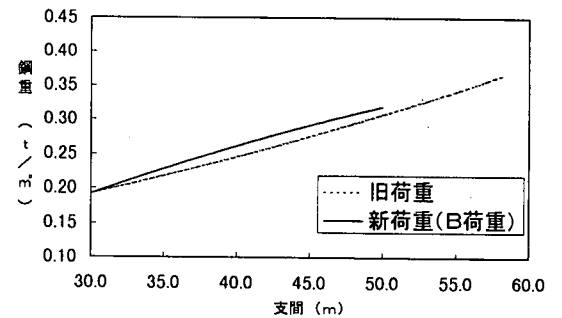
(a) 旧荷重の鋼重分布



(b) 新荷重の鋼重分布

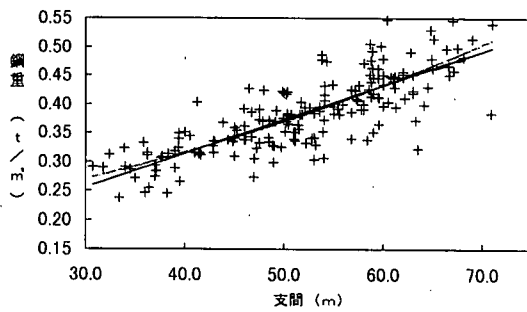


(c) 回帰直線式の比較

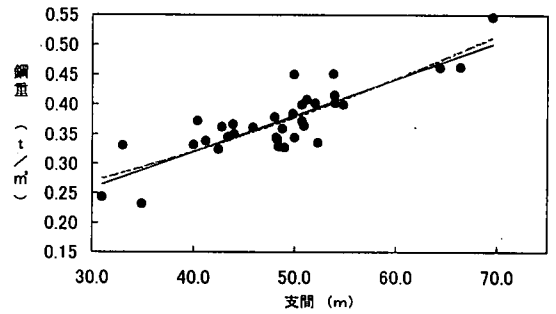


(d) 回帰曲線式の比較

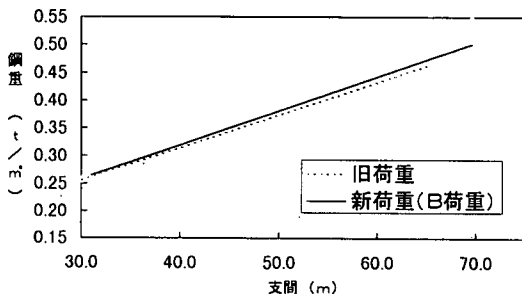
図-1 単純板桁橋の鋼重分布



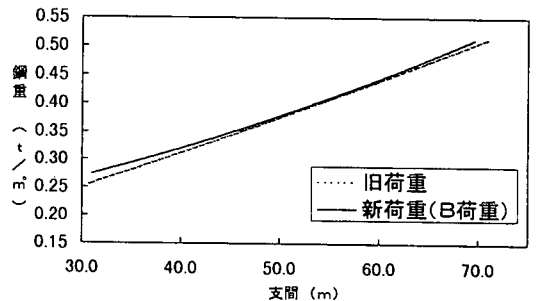
(a) 旧荷重の鋼重分布



(b) 新荷重の鋼重分布

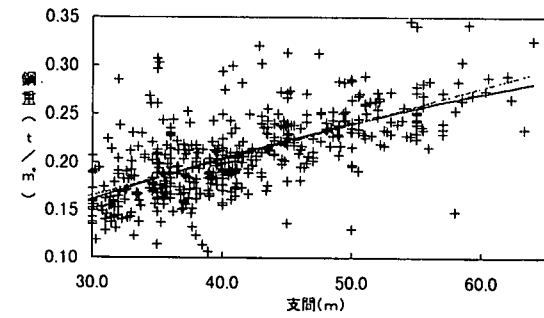


(c) 回帰直線式の比較

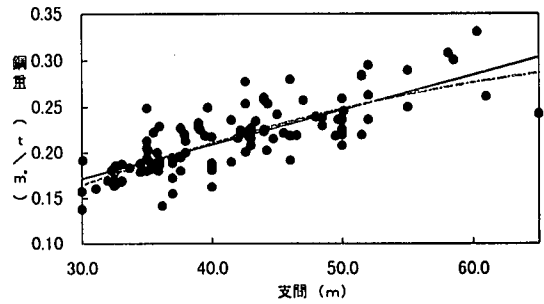


(d) 回帰曲線式の比較

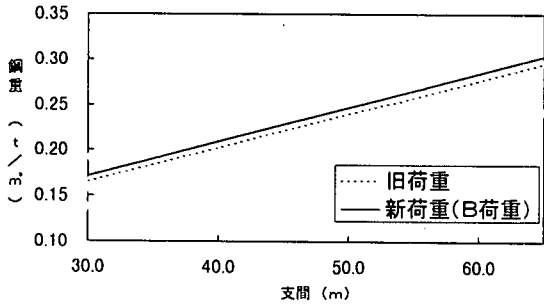
図-2 単純箱桁橋の鋼重分布



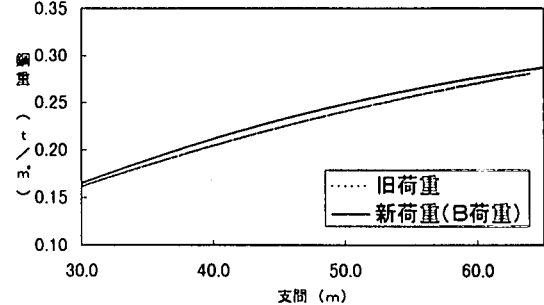
(a) 旧荷重の鋼重分布



(b) 新荷重の鋼重分布



(c) 回帰直線式の比較



(d) 回帰曲線式の比較

図-3 連続鉄桁橋の鋼重分布

表-3 回帰式により与えられる平均値に対する標準偏差と相関係数

橋種名		標準偏差	相関係数
単純鉄桁橋	直線	0.0223	0.845
	曲線	0.0223	
単純箱桁橋	直線	0.0315	0.850
	曲線	0.0312	
連続鉄桁橋	直線	0.0239	0.766
	曲線	0.0237	

表-4 鋼重の平均値の比較

橋種	支間長 (m)	鋼重値 (tf/m ²)			偏差値
		旧荷重	新荷重	比	
単純鉄桁橋	40	0.247	0.259	1.05	53.8
単純箱桁橋	45	0.344	0.350	1.02	51.5
連続鉄桁橋	45	0.221	0.223	1.01	50.5

偏差値は単に両者の絶対値の比較だけではなく、統計的な位置付けも可能な指標である。表-4に、旧荷重の鋼重データを基にしたときの新荷重による平均値(直線式)の偏差値が示されている。すなわち、ここで式(1)の平均値 $X(L)$ の値には表-2中の旧荷重直線式を用いている。この結果をみると単純鋼桁橋の偏差値は53.8であり、先に述べた単純合成桁橋の試設計による予測である53.1に非常に近い。このことは先の予測が的確であったことを証明している。また、単純鋼桁橋と連続鋼桁橋では偏差値が単純鋼桁橋よりも小さくなり、かなり50に近い。

鋼重分布の支間長への依存性が大きい場合は、その影響を考慮するために鋼重をそれぞれの支間長の平均鋼重で無次元化して表現する必要がある。しかし、鋼重分布のばらつき状態は特に大きく支間長に依存していることはなく²⁾、ここではその無次元化を行わなかった。

6. あとがき

本文は、道路橋示方書が改定され、自動車荷重がTL-20からTL-25と大きくなったことによって、鋼重がどの程度増加するのかを3種類の鋼橋について実際のデータを基に明らかにした。その結果、自動車荷重は基本的に25%増えたにもかかわらず、橋の経済性に深い鋼重の増加はそれほど小さくなく単純鋼桁橋で5%程度

であり、単純鋼桁橋や連続鋼桁橋では更に小さくなる。その偏差値比較では、単純鋼桁橋で53.8、単純鋼桁橋と連続鋼桁橋ではそれぞれ51.5と50.5である。

このことから橋の設計で活荷重をかなり大きくとつても建設費に与える影響はそれほど大きくはなく、むしろそのことによって作用応力を小さくし橋の寿命を長くすることの利点の方が大きいことを示唆している。したがって、これからの橋の設計においては、寿命期間のトータルコストを考えるならば、活荷重は交通量の実態に配慮してきめ細かく対処するべきであろうと思われる。交通量の多い橋に対しては、道路橋示方書の規定に必ずしもとらわれることなく活荷重に余裕をもった性能設計へと移行するべきであろう。

謝辞:本文で用いたB荷重で設計した鋼重のデータ整理は照井智元君(北海学園大学平成9年度卒)の卒業研究として行ったものであり、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書，I 共通編，1994，2.
- 2) 当麻庄司，鈴木 巧，黒田保博：鋼道路橋の鋼重データに基づく構造的特徴の分析，土木学会論文集，No.598/I-44，pp. 359-370，1998，7.
- 3) 日本橋梁建設協会：橋梁年鑑，1996～1998(発行年)。

(1998.8.10 受付)

STATISTICAL ANALYSIS OF STEEL WEIGHT INCREASE FOR HIGHWAY STEEL BRIDGES DESIGNED BY NEW LIVE LOAD (B-LOAD)

Shouji TOMA, Akinari HONDA and Shinya KURA

The authors previously proposed the method to assess the design of steel highway bridges using the deviation of steel weight statistics. Further, they estimated the weight increase when designed using the new live load (B-Load). The present paper collects the data of steel weight for the bridges designed using B-Load and analyzes statistically. As a consequence, the deviation for simple supported plate girder bridges becomes 53.8 which is very close to the predicted deviation 53.1. The weight increase for simple supported box-girder and continuously supported plate girder bridges are small, and the deviations are 51.5 and 50.5, respectively.