

定量的診断に基づく鋼桁の予防保全対策

A Preventive Reinforcement of Steel Girders based on Quantitative Diagnosis

(株) 帝国設計事務所 ○ 正員 坂田 浩一 (Kouichi Sakata)
 (株) 帝国設計事務所 正員 須永 俊明 (Toshiaki Sunaga)
 (株) BMC 正員 石井 秀和 (Hidekazu Ishii)
 北海学園大学 正員 杉本 博之 (Hiroyuki Sugimoto)

1. まえがき

近年、橋梁の維持管理に関する研究成果が多数報告されている。著者らはこの橋梁の維持管理の中でも鋼橋の健全性を定量的診断により評価し、長寿命化を目的とした実務報告を多数行ってきた。

従来、橋梁の架換えおよび補修・補強の程度の判断は、目視検査による老朽程度を基準としている場合が多かった。しかし、近年においては橋梁の健全性を実働応力等から定量的に評価し、維持管理基準および補修・補強の優先順位の判断基準を整備する手法が多数報告されている。

また、著者らは北海道においては実橋測定による鋼桁10数橋の診断実績があり、適切な部材に適切な補修・補強を行うことで、現基準の活荷重下で既設橋を継続利用、すなわち長寿命化することに寄与している。

本論文では北海道内で昭和40年代に架設された橋長L=30m、一等橋である単純非合成鋼鉄桁にて、定量的診断方法およびその結果による補修・補強事例の実施報告を行う。

2. 定量的診断について

著者らがこれまでに実施してきた橋梁の定量的診断には以下のような特徴がある。

- ① 橋梁の耐力と余寿命の算定を定量的に示すことができる。
- ② 橋梁診断の判定の基となる数値は、実橋の応力測定結果であるため、机上の計算結果よりもより実状にあった判断ができる。
- ③ 診断結果を数値で示す定量的な判断であるため、客観性と説得性をもたせることが可能。
- ④ 潜在的損傷の兆候を事前に検知できるため、予防保全の実施が可能。
- ⑤ 診断結果の判定に即応性を持たせ、橋梁維持管理方針の判断を容易にする。
- ⑥ 定量的診断を実現することでベテラン橋梁検査員の不足を補完できる。
- ⑦ LCC解析を併用することで定量的診断結果を基に維持管理の経費節減が具体化しやすくなる。

3. 鋼桁の定量的診断方法

3.1 耐力診断

橋梁の耐力診断のフローを図-1に示す。

(1) 着目箇所へのゲージ貼付

応力方向等に留意して貼付け位置などを計画し、鋼桁各部材にひずみゲージを貼付ける。

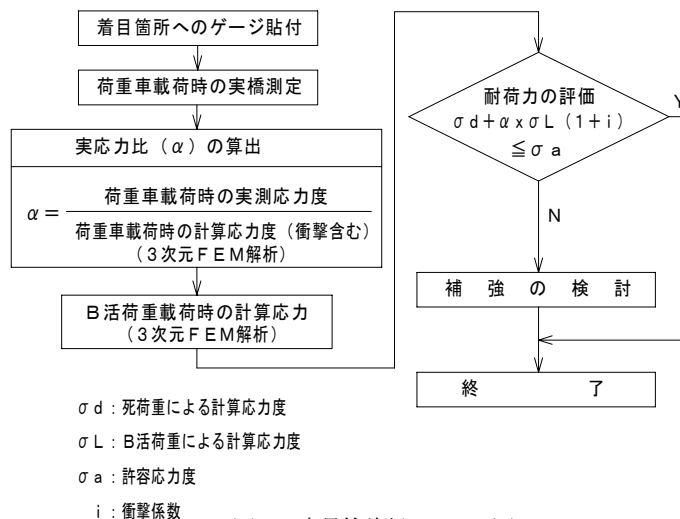


図-1 定量的診断のフロー図



写真-1 荷重車走行試験



写真-2 応力測定状況

(2) 荷重車載荷時の実橋測定

写真-1のように主桁上および、主桁間など予め設定した走行ライン上に荷重車を走行させる。この時の発生応力を写真-2のように測定機材にて応力波形を確認、記録する。

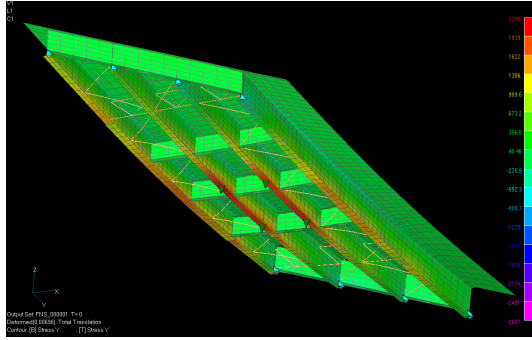


図-2 3次元FEM解析結果

(3) 実応力比の算出

図-2のように実橋への荷重車載荷状況を3次元FEM解析にて再現する。この時3次元FEMモデルに載荷する荷重は軸重、車輪位置を実橋測定時と同じ条件とする。

$$\text{実応力比 } \alpha = \text{実測値} / \text{解析値} (1+i) \\ = 27.6 / 35.4 (1+0.253) = 0.62$$

(4) B活荷重による計算応力算出

3次元FEM解析にて実橋にB活荷重を載荷した時の計算応力を解析する。

$$\text{B活荷重による計算応力 } \sigma_1 = 58.3 \text{ N/mm}^2$$

(5) 耐力の評価

実橋にB活荷重を載荷させた時の実応力度 σ

$$\sigma_d + \alpha \times \sigma_1 \times (1+i) = 93.6 + 0.62 \times 58.3 \times (1+0.253) \\ = 138.9 \text{ N/mm}^2 < \sigma_a = 190 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

以上の結果より本橋梁はB活荷重に対して耐力があるものと判断できる。

3.2 余寿命診断

橋梁の各部材について疲労の見地から余寿命を推定するため、写真-3のような頻度測定機で自動計測による72時間の実交通下での応力頻度測定を行った。この応力頻度測定結果をもとに図-3のようにレインフロー法にて解析を行い、各部材の余寿命を推定した。

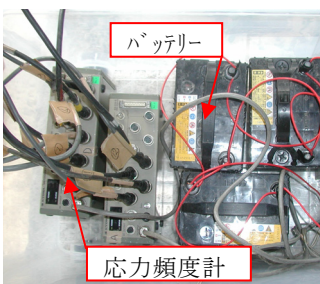


写真-3 応力頻度計

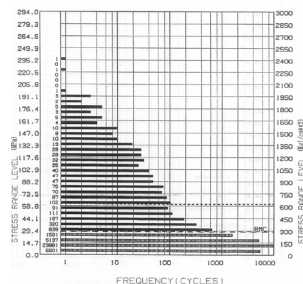


図-3 応力頻度解析結果

表-1 各部材の余寿命

単位(N/mm^2)

番号	部材	部位	継手強度 N/mm^2	疲労損傷度 $D (\times 10^{-6})$	寿命 (年)
①	主桁	G1 下フランジ	80	0.150	100年以上
②		G2 下フランジ	80	0.139	100年以上
③		G3 下フランジ	80	0.048	100年以上
④		G4 下フランジ	80	0.272	100年以上
⑭		G1 垂直補剛材上端	80	205.500	10
⑮	横構	ガセット	65	0.790	100年以上

表-1に示すように最も余寿命が短命である部材は「垂直補剛材上端」であった。10年後には疲労亀裂を発生する可能性があることがわかった

4. 維持管理方法



写真-4 予防保全を目的とした補剛材の補強

図-4に示すように垂直補剛材上端の疲労蓄積の原因は、主桁上フランジの首振りであると考えられる。本橋はこの垂直補剛材上端部分を補強することによって、橋梁全体として疲労の見地から余寿命を100年以上とすることが可能になると判断できる。

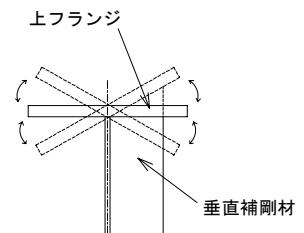


図-4 垂直補剛材上端の疲労蓄積モデル

また、本橋梁は目視検査の結果、再塗装が必要となっていることから、足場工の設置を行うため、「予防保全」を目的として塗装足場を利用し、垂直補剛材上端を写真-4のように当て板により補強することとした。さらに前述したように一等橋で設計されている本橋梁はB活荷重に対して耐力があることを確認しているため、活荷重のランクアップに対する補強は不必要と判断した。

5. まとめ

本橋梁の定量的診断により鋼桁の補修・補強計画を行ったことで以下に示す成果が得られた。

- (1) 一等橋で設計された本橋梁に定量的診断を行うことで、B活荷重に耐えられると判断できた。
- (2) 応力頻度測定による各部材の余寿命の推定結果より、最も短命である部材が垂直補剛材であると判断できた。
- (3) 予防保全的な補強を行うことで、橋梁の全体の余寿命の延命化が可能となった。
- (4) 定量的診断を行うことで、既存橋梁の有効利用が可能となった。

参考文献

- 1) 坂田, 山口, 石井, 杉本: 鋼桁における実橋応力測定と3次元FEM解析についての事例報告, 土木学会北海道支部論文報告集第60号, pp248-249, 2004.1
- 2) 坂田, 竹島, 小芝, 杉本: 鋼道路橋の定量的診断の実橋への適用, 土木学会北海道支部論文報告集第56(A), pp166~171, 2000.2
- 3) 鋼橋技術研究会: 維持管理部会報告書, 平成8年11月
- 4) 阿部, 杉館, 小芝: 橋梁の点検・診断システムと機器橋梁と基礎, pp173-179, 1997.8