

既設鋼鈹桁橋の疲労耐久性評価法に関する検討

首都高速道路株式会社 正会員 ○木ノ本 剛
 (一財)首都高速道路技術センター 正会員 門田 峰典

1. はじめに

供用年数の経過に伴い、「鋼道路橋の疲労設計指針」(平成14年3月 日本道路協会)(以下、疲労指針)導入以前に建設された鋼桁橋については疲労耐久性を把握し、適切な対策を講じていくことが課題となってきた。首都高速道路の膨大な鋼桁橋の全てに対し、実働応力測定や格子解析による疲労照査を行うことは多大な労力を要するため、簡便に疲労耐久性を評価し詳細検討を実施する橋梁を絞り込むことで、適切かつ合理的な検討が可能と考えられる。本報告では、首都高速道路の代表的な鋼鈹桁橋を対象に実施した格子解析及び荷重車載荷試験に基づく簡便な疲労耐久性評価法の検討結果を示す。

2. 検討手法および検討対象

検討対象：首都高速道路の高架橋の約46%を占める鋼鈹桁橋の疲労耐久性の把握は重要な課題といえる。鋼鈹桁における単純桁と連続桁の比率は径間数で約5:1であり、単純鋼鈹桁橋が最も多い橋梁形式である。図-1に鋼鈹桁、鋼箱桁の工事のしゅん功時期で整理した年代毎の建設支間数と、各年代に建設された単純鋼鈹桁の支間長を5m単位で集計した構成比率を示す。単純鋼鈹桁橋の建設は新規路線の建設時期により変動があるものの、1990年までに全径間の約99%が建設されている。支間長については、建設年代が古いほど短い傾向にあり、全体としては40m以下の橋梁の占める割合が多い。一方、支間長25m以下の鋼桁の場合、下横構が省略されるため外主桁に取付く面外ガセット継手が存在しないことから疲労設計上は有利な橋梁と考えられる。以上より、1990年までに建設された単純鋼鈹桁橋で支間長が概ね25m~40mの橋梁を検討対象とした。

検討手法：図-2に簡便な疲労耐久性評価法のフローを示す。疲労指針との違いは変動応力範囲の算出に際し、当初設計活荷重断面力(L荷重載荷)に補正係数K1を乗じ、疲労設計荷重(T荷重載荷)による断面力を推定し、設計計算書の断面定数等から照査対象部位の応力範囲を算出するところにある。なお、累積荷重の影響は過去の交通観測値を累積することにより推定する方法を想定している。本検討では疲労設計荷重による断面力を推定するための補正係数K1に着目する。補正係数K1は、各種の構造条件の影響を受けることが考えられるが、主に支間長、主桁本数、車線数に着目し検討対象橋梁を選定した。選定した橋梁の構造概要を表-1に示す。検討は選定した橋梁の格子解析と一部の橋梁を対象とした荷重車載荷試験により実施した。格子解析は解析ソフトにAPOLLO Analyzer(株)横河技術情報)を用いた。解析ケースは当初設計活荷重載荷、疲労設計荷重載荷(200kN)及び荷重車荷重載荷(約250kN)とし、解析における着目位置は支間中央の荷重分配横桁位置および下横構取り付け位置とした。荷重車載荷試験は一般車両走行下で時速60kmから70kmで走行させて対象部位のひずみを動歪計により計測を行う動的な載荷試験とした。載荷試験は他の車両の影響を受けない夜間に単独走行状態で実施した。

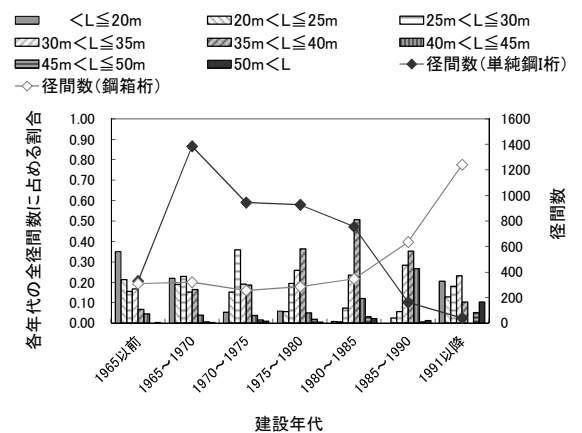


図-1 年代毎の鋼鈹桁橋建設数と支間長構成比率

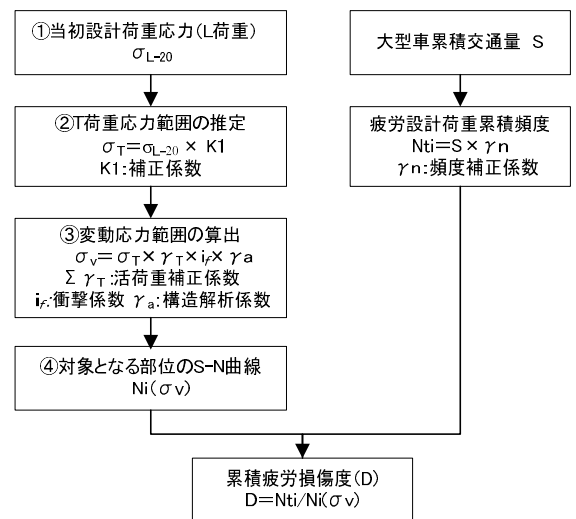


図-2 既設橋の疲労耐久性評価フロー

キーワード：疲労耐久性評価, 格子解析, 荷重車載荷試験

連絡先：〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1 首都高速道路(株) TEL:03-3539-9545 FAX:03-3502-5676

表-1 検討対象の構造緒元

| | A橋 | B橋 | C橋 | D橋 | E橋 | F橋 |
|---------------|--|---|---|--|--|--|
| 一体構造 (4車線) | 支間長: 24.4m 主桁高: 1.70m 主桁間隔: 2.942m 主桁本数: 6本 Web, L-flg材質: SM50 | 支間長: 28.9m 主桁高: 1.6m 主桁間隔: 2.9m 主桁本数: 6本 Web, L-flg材質: SM58 | 支間長: 28.7m 主桁高: 1.6m 主桁間隔: 3.5m 主桁本数: 5本 Web, L-flg材質: SM58 | 支間長: 34.8m 主桁高: 1.95m 主桁間隔: 3.5m 主桁本数: 5本 Web, L-flg材質: SM58 | 支間長: 37.6m 主桁高: 1.95m 主桁間隔: 3.5m 主桁本数: 5本 L-flg材質: H.T60 | 支間長: 40.1m 主桁高: 1.9m 主桁間隔: 3.24m 主桁本数: 6本 Web, L-flg材質: SM58 |
| | G橋 | H橋 | I橋 | J橋 | | |
| 分離構造 (2車線) | 支間長: 25.8m 主桁高: 1.6m 主桁間隔: 3.5m 主桁本数: 3本 Web, L-flg材質: SM50Y | 支間長: 29.3m 主桁高: 1.6m 主桁間隔: 3.1m 主桁本数: 3本 Web, L-flg材質: SM58 | 支間長: 36.5m 主桁高: 1.6m 主桁間隔: 3.5m 主桁本数: 3本 Web, L-flg材質: SM58 | 支間長: 39.9m 主桁高: 1.9m 主桁間隔: 3.5m 主桁本数: 3本 Web, L-flg材質: SM58 | | |

3. 検討結果

図-3は支間中央断面を対象とし、格子解析より算出される当初設計活荷重載荷と疲労設計荷重載荷による断面力の比率 (K1) と支間長の関係を示したものである。K1は着目桁が最大となる載荷位置での値としている。図よりK1は、支間長が大きくなるにつれて小さくなる、外桁の方が内桁よりも大きい、一体構造よりも分離構造の方が大きい、同じ一体構造でも主桁本数が少ない方が大きいといった傾向が確認できる。ただし、桁配置と載荷位置の影響を受け、図-4に示すような3主桁の場合で走行レーンと追越レーンで算出されるK1の値に0.06程度の差を生じることが確認されており、主桁本数、総幅員、車線構成等の影響を踏まえたK1の設定が必要と考えられる。図-5は橋軸方向に着目位置を変えた場合のK1の変動であるが、内桁の方が外桁と比較するとばらつきが大きい傾向にある。これは、内桁は当初設計活荷重載荷時と疲労設計荷重載荷時のモーメント図の形状の違いに起因していると考えられる。

図-6に荷重車走行試験により得られた支間中央断面の下フランジの最大発生応力と格子解析において荷重車荷重載荷時に算出される最大応力との比率 (構造解析係数 γ_a に相当) と支間長の関係を示す。なお、荷重車載荷試験で得られた歪波形は動的効果が含まれるので、動的効果分はフィルター処理により取り除いたうえで最大発生応力を求めている。 γ_a は外桁と比較すると内桁の方が大きくなる傾向は確認できるが、支間長との関係は明確ではない。また、今回の計測の範囲では全て疲労指針の値(0.8)を下回る結果であった。図-7は支間中央断面で算出したK1に上記の γ_a を乗じた値と支間長の関係を示しているが、支間長や外桁、内桁の影響が小さくなる結果となった。この値は0.15~0.23と若干のばらつきはあるが、構造形式によらず構造解析係数を含めた補正係数を設定し、当初設計活荷重より疲労設計荷重による発生応力範囲を推定することで、簡便に疲労耐久性の評価ができる可能性があると考えられる。

4. まとめ

限られた橋梁数での検討ではあるが、当初設計荷重による断面力と疲労設計荷重による断面力の関係を格子解析により把握するとともに、実測値との比較を行った結果、既設単純鋼板桁橋の疲労耐久性を評価するための疲労設計荷重による発生応力範囲の推定が当初設計荷重より簡便に行える可能性を示した。

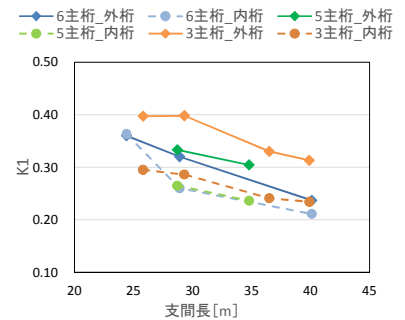


図-3 支間長と K1 の関係

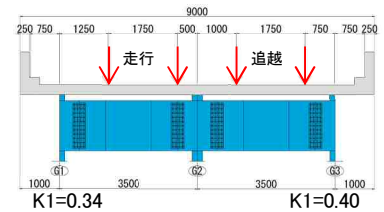


図-4 載荷位置による K1 影響

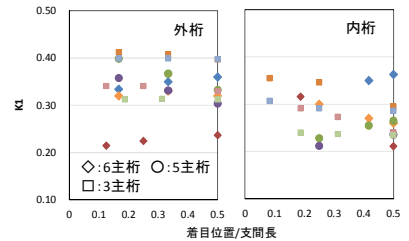


図-5 橋軸方向の位置と K1 の関係

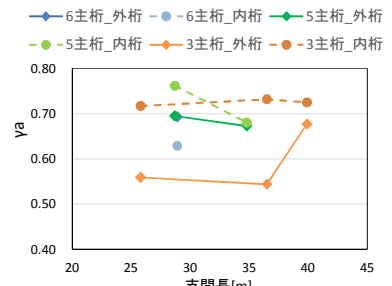


図-6 支間長と γ_a の関係

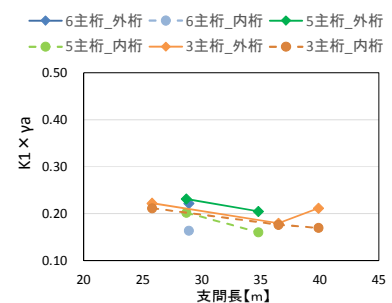


図-7 支間長と K1 x γ_a の関係