

共同研究グループ代表
大阪大学工学部 松井繁之

1. はじめに

諸外国の橋の設計基準は限界状態設計法または荷重係数設計法を採用し、橋の限界状態の中の1つとして疲労限界を取り上げ、疲労設計に関する規定を設けている。そして、現在各設計条項の妥当性の検討が進められている。さらに、疲労設計法の国際標準を作成する作業がISO（国際標準化機構）によって進められている。このような世界的状況において、本共同研究グループは、鋼橋、コンクリート橋を問わずあらゆる橋に対応できる疲労設計指針を作成することを研究目標としている。

2. 鋼橋に関する疲労設計法の確立に向けての検討

本年度、鋼橋に関する疲労設計法で取り上げた検討項目は次の通りである。

- 1) 鋼橋の疲労安全性に関する問題点の整理
- 2) 疲労照査法の比較
①疲労限を用いる簡便な疲労照査 ②応力スペクトルを考慮する疲労照査 ③荷重分配効果を考慮した疲労照査 ④鋼床版の疲労照査
- 3) 疲労設計荷重
①欧米における疲労設計荷重 ②我国の道路橋示方書の活荷重規定とその背景 ③我国における実橋の活荷重調査と実応力の測定例の整理 ④シミュレーションによる疲労設計荷重の研究例の整理 ⑤疲労設計荷重が具備すべき条件の検討
- 4) 補修法
①補修後の余寿命評価 ②高力ボルトによる補修法

3. コンクリート系橋梁に関する疲労設計法の確立に向けての検討

コンクリート系橋梁（合成橋梁・床版を含む）を設計する場合、従来の許容応力度設計法では、繰返し荷重により発生する変動応力範囲が相対的に小さいので、疲労を照査する必要がないとの考え方が通説であった。しかし、昭和61年制定のコンクリート標準示方書（土木学会）に見られるように、コンクリート構造物の安全性評価を高めるために限界状態設計法が全面的に採用され、疲労限界も重要な照査項目として規定されるに至っている。

コンクリート系橋梁は、破壊に至る過程、あるいは重荷重下での供用中において、ひび割れ発生などにより構造系が漸次変化する。したがって、構造要素あるいは構造部位において、設計上クリチカルな状態を設定するのが大変困難である。さらに、疲労強度の表現法が鋼部材とは全く異なっているなどの未解決な問題が残されている。そこで、本年度、このような問題点の解明を試み、信頼性理論に基づいて設計フォーマットを作成した。研究成果を次に列挙する。

①疲労試験データの収集・整理および合理的な疲労強度評価式の誘導。

コンクリート系橋梁構成材料の疲労強度評価式が次のように得られた。

Shigeyuki MATSUI

構成材料	疲労曲線:S-N関係	適用範囲
コンクリート	$S_{max}^m \cdot N^T = c$	普通コンクリート、軽量コンクリート
鉄筋	$f_a^m \cdot N^{T'} = c$	母材（気中・コンクリート中）、継手（圧接・カブラー圧着・機械（ネジ））、曲げ加工、溶接
PC鋼材	$f_a^m \cdot N^{T''} = c$	PC鋼索線、PC鋼より線、PC鋼棒
スタッド	$(H/Q_u)^m \cdot N = c$	頭付きスタッド
鋼材（参考）	$\sigma^m \cdot N = c$	構造用鋼材全般（溶接継手などを含む）
ここで、S_{max}：上限応力比（$=f_{max}/f'_c$）、N：破壊回数（疲労寿命）、 m：疲労曲線の傾き、c：定数、T：（$=1-R$）、 f_{max}：上限応力（kgf/cm²）、f'_c：コンクリートの圧縮強度（kgf/cm²）、 R：振幅比（$=f_{min}/f_{max}$）、f_{min}：下限応力（kgf/cm²）、 f_a：応力範囲（kgf/mm²）、T'：（$=K'-R'$）、 K'：鉄筋に対する引張強度（f_u）の平均値の対数（$=\log f_u$）、R'：（$=R_1 \cdot R_2$）、 R_1：上限応力比（$=f_{max}/f_u$）、R_2：平均応力に対する上限応力比（$=f_{max}/f_m$）、 f_m：平均応力（kgf/mm²）、T''：（$=K''-R''$）、 K''：PC鋼材に対する引張強度（f_{pu}）の平均値の対数（$=\log f_{pu}$）、R''：（$=R_1 \cdot R_3$）、 R_1：上限応力比（$=f_{max}/f_{pu}$）、R_3：振幅比の逆数（$=f_{max}/f_{min}$）、 H：スタッドに作用するせん断力振幅範囲（kgf）、Q_u：スタッドの静的強度（kgf）、 σ：応力範囲（kgf/mm²）。		

②疲労設計フォーマットの検討。

検討の結果、次式に示す、コンクリート標準示方書（土木学会）の疲労設計フォーマットを採用した。

$$\gamma_1 \sigma_{rd} / (f_{rd} / \gamma_b) \leq 1.0$$

$$(\gamma_b \gamma_m \gamma_1) \sigma_{rd} \leq f_{rk}$$

ここに、 γ_b ：部材係数、 γ_m ：材料係数、 γ_1 ：構造物係数、 σ_{rd} ：設計変動応力（作用荷重）、
 f_{rd} ：設計疲労強度（ $=f_{rk} / \gamma_m$ ：抵抗強度）、 f_{rk} ：材料の疲労強度の特性値

③コンクリート系橋梁の安全性評価。

合成桁橋、PC桁橋およびRC桁橋を対象橋梁に選り、ずれ止め、PC鋼材および鉄筋の疲労照査を行った。荷重応答シミュレーション法に従って、影響面解析、活荷重列の作成、応答時系列解析および応力頻度解析を実施した。算出された等価応力と前述の疲労強度評価式とを与える値とを比較することにより、これらの部材の疲労安全性を照査した。

4. ワークショップの開催

本研究グループの活動成果は、平成5年度土木学会関西支部年次学術講演会（平成5年5月15日、摂南大学）と併催されるワークショップで発表する。

5. 委員構成

松井繁之（大阪大学）、大倉一郎（大阪大学）、大谷恭弘（大阪大学）、文兌景（大阪大学）、鈴木博之（福井工業大学）、鬼頭宏明（大阪市立大学）、平城弘一（摂南大学）、黒山泰弘（大阪市）、指吸政男（大阪市）、澤登善誠（阪神高速道路公団）、宮脇廣喜（西日本旅客鉄道）、祝賢治（三井造船）、小野誠大（高田機工）、神原康樹（駒井鉄工）、八田吉弘（オエン外建設）、広瀬彰則（中央復建コンサルツ）、藤岡靖（ピーエスコンクリート）、武藤和好（酒井鉄工所）、石原靖弘（片山鉄工所）、水越陸見（大阪セメント）