

長年月供用されたコンクリート橋における静的載荷重と実走行荷重下の挙動

九州大学 学生員 小宮一朗

九州大学 正会員 牧角龍憲

九州共立大学 正会員 松下博通

1. はじめに

戦前に施工され現在も供用されているコンクリート橋(以下RC橋とする)は、現行の設計荷重よりも低い設計荷重(8tf, 12tf, 14tf など)を使用しているが、許容応力度は現行の許容応力度よりも安全側にとって設計が行われている。自動車交通の増大、重車両の増加などにより、設計時には予想もできない現行の活荷重が作用しているにもかかわらず、それらの活荷重に対しても十分な耐荷力ならびに健全度を有しているRC橋は少なくない。しかしながら、それらのRC橋が実際にどれだけの耐荷力を有しているのか、あるいは、どのような荷重履歴を受けているのかを明確に示すデータはない。そこで今回、約80年間供用されたRC橋の実橋試験をもとに、RC橋における耐荷力および荷重履歴について検討を行ったのでここに発表する。

2. 橋の概要

旧久留米大橋は、平成4年度で橋齢 58年のRC 2主桁ゲルバー橋であり、設計仕様としては『大正15年道路構造に関する細則案』¹⁾ に準じたもので、設計荷重は 8tf、コンクリートの許容応力度 $50\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、鉄筋の許容応力度 $1,200\text{kgf}/\text{cm}^2$ として設計され、現在のトラック荷重に対しても十分橋としての機能を保っていた。橋梁概略図を図-1に示す。

主桁から抜き取ったコンクリートの圧縮強度は $420\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、弾性係数は $3.15 \times 10^5 \text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。また、主桁の丸鋼鉄筋($\phi=36\text{mm}$)の降伏点応力は $26.4\text{kgf}/\text{mm}^2$ 、弾性係数は $2.1 \times 10^6 \text{kgf}/\text{cm}^2$ であり、約 60年経過したにも関わらず、コンクリート、鉄筋ともに十分な強度を持っていたと言える。

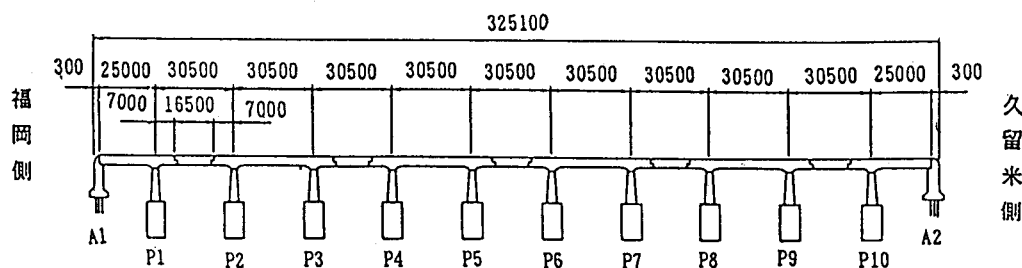


図-1 橋梁概略図

3. 試験概要

(1) 実走行荷重下において、主桁の鉄筋ひずみをヒストグラムレコーダーを用いて(24時間を1サイクルとし $24\text{h} \times 6\text{ day}$)測定し鉄筋ひずみのヒストグラムを作成した。(応力頻度測定)

(2) 軸重既知の20tトラックを、載荷位置(吊り桁部ゲルバーヒンジ間の6等分点の5点とした)に静的に載荷したときの鉄筋ひずみを測定した。

(1)、(2)の主桁鉄筋ひずみは、P9-P10 径間の吊り桁部 $l=16.5\text{m}$ の中央点で測定した。

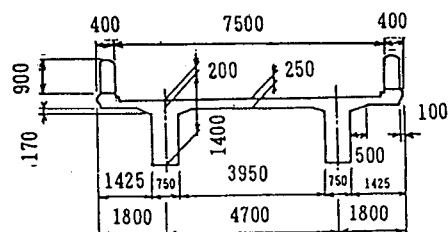


図-2 吊り桁断面図

4. 試験結果および考察

図-3は実走行荷重により吊り桁中央部の鉄筋に作用する応力分布と頻度数の関係を示したヒストグラムである。主桁の鉄筋に作用する応力は、ほぼ正規分布に従い、80～190kgf/cm²の範囲で多く発生しており、平均85kgf/cm²程度の応力を受けている。

図-4は、20tトラック載荷時の鉄筋応力と曲げモーメントとの関係を示したもので、図中に示す、 I_g 、 I_{cr} はそれぞれ全断面有効とした断面2次モーメント、コンクリートの引張応力を無視した断面2次モーメントである。弾性係数比 n は材料試験から求めた $n=6.7$ および鉄筋コンクリートの応力計算の場合に用いられる代表値 $n=15$ の2種類を用いて検討を行った。 $n=15$ の I_g で計算される理論値にほぼ近い値となった。

図-3より、実走行荷重による最大応力は345kgf/cm²程度であり、吊り桁中央断面には、図-4の実験値から予測すると約145t・mの曲げモーメントが働くことが考えられる。ここで吊り桁部にかかる20tトラックの連行荷重による断面に作用する曲げモーメントは、89t・m、衝撃の影響($i=0.3$)を考慮しても、115.7t・mである。供用時には過積載されたトラックが吊り桁部に4台のった載荷状態を推定できる。

設計荷重8tfで設計されたにもかかわらず、上述のような現行の過酷な活荷重に対しても、十分に橋として機能していたことがわかった。これは、第1の要因としてコンクリートの許容圧縮応力度は50kgf/cm²であり、現行の許容応力度よりも2倍程度安全側に、鉄筋の許容応力度1,200kgf/cm²も同様に現行の許容応力度よりも安全側に設計されているためである。現行の許容応力度でのTL-20荷重による安全性の検討を行っても安全側の結果を得た。第2の要因として、本橋の主桁配置と主桁断面の大きさが、耐荷力に大きな影響を与えているのではなからうか。主桁間隔は非常に長く、 $L=4.7$ mもあるが、現在にはないようなウェブ厚75cmの断面であるため、トラックが走行しても輪荷重は、ちょうど主桁の真上にのるような状態であった。実走行荷重下による床版の応力(鉄筋ひずみ)を測定しても最大100kgf/cm²程度で、過大な応力が作用していなかったことが確認できた。

5. まとめ

- (1) 大正、昭和初期に施工された、RC橋は許容応力度をかなり安全(現行の許容応力度より低い)に取って設計しており、材料の劣化が著しくなければ、現行のTL-20荷重に対し安全であると言える。
- (2) 旧久留米大橋における、実走行荷重下の挙動は、コンクリートの全断面を有効とする、すなわちひび割れが発生しない状態での断面2次モーメントを用いた計算値にほぼ一致した。その際、弾性係数比は $n=15$ が妥当である結果も得られた。
- (3) 応力頻度測定と軸重既知のトラックを載荷したときの応力測定とをリンクさせれば、橋体に働く荷重履歴を推定する事ができる。

6. 参考文献

- 1) 田上為己著：鉄筋コンクリート橋の歴史

最後に、本試験の実施に協力いただいた建設省九州事務局福岡国道工事事務所、(株)構造技術センター福岡支社ならびにKABSE耐久性調査分科会の方々に謝意を表します。

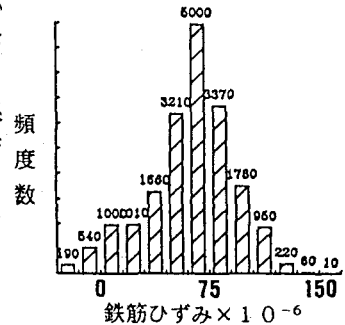


図-3 ヒストグラム

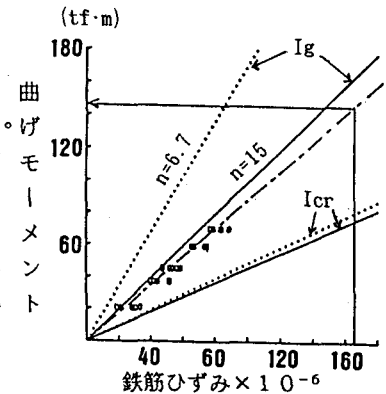


図-4 トラック載荷試験