

RC 中空床版橋に発生したひび割れの損傷要因分析

九州工業大学工学部

学生会員 池田憲司

九州工業大学 正会員

幸左賢二

福岡北九州高速道路公社 保全部

非会員 岡弘幸

九州工業大学 正会員

佐々木誠

1. はじめに

本研究では他の RC 構造に比べ損傷が激しい RC 中空床版橋について、ひび割れ損傷と断面力の関係について注目していき、RC 中空床版橋のひび割れ損傷状態を評価する方法を提案する。検討フローを図-1 に示す。

2. 対象橋梁

対象橋梁は、5 径間連続 RC 中空床版橋とする。図-2 に代表的な損傷として第 1 径間の損傷状況を示すが、他の径間も同じような損傷状態である。

3. 検討方法

3.1 断面力の評価

断面力の評価は、式(1)に示すように断面作用力 M を断面耐力 Ma で除した超過率を用いて行う。断面作用力の算出は、1 本棒におけるフレーム解析を用いて求め、活荷重は対象橋梁の設計時と異なる現設計荷重の B 活荷重(TL25)とする。断面耐力 Ma は、引張鉄筋の応力度が許容引張鉄筋応力度 $\sigma_s=180\text{N/mm}^2$ となる時の曲げモーメントとする。

$$\text{超過率} = M(\text{死荷重} + \text{活荷重作用時}) / Ma \quad (1)$$

3.2 ひび割れ損傷度の評価

対象橋梁のひび割れ損傷は、図-2 に示すように橋軸直角方向にのみ発生している。そこで床版下面を橋軸方向に等分割(1 m)し、その区間を断面 i とし、損傷状態の評価はこの断面 i ごとに行う。また、ひび割れ損傷図からは、ひび割れ幅、間隔および長さのデータが得られるため、それらを用いてひび割れ損傷を評価する。以下、評価方法の検討を行う。

(1) ひび割れ間隔を指標とした評価

ひび割れ間隔は、図-3 に示すように橋軸直角方向に分割した線分 j とひび割れとの交点数 n をひび割れ本数とし、断面 i 内で平均化した値を用いた、ひび割れ間隔 l_{ave} とする。ひび割れ間隔による損傷度 D_l は、式(2)に示すように、最大ひび割れ間隔 l_{max} を用いて l_{ave} を無次元化したものとする。

$$D_l = l_{max} / l_{ave} \quad (2)$$

超過率と D_l との相関図を図-4 に示す。この図より D_l は超過率と相関があると考えられ、ひび割れ間隔は断面力が大きいほど間隔が狭くなることが言え、損傷が激しいことが考えられる。

(2) ひび割れ幅を指標とした評価

ひび割れ幅による評価方法は、ひび割れ間隔の算出方法と同様に、分割した線分 j と交差したひび割れの総幅 Σw によって行う。 Σw を式(3)に示すように無次元化し、損傷度 D_w とする。ここに、 w_{180} : $\sigma_s=180\text{N/mm}^2$ 時の最大ひび割れ

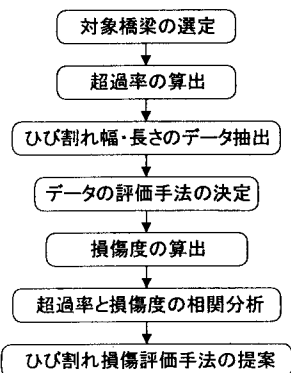


図-1 検討フロー

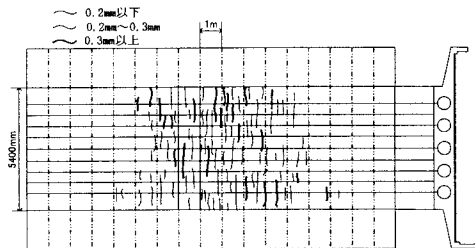


図-2 ひび割れ損傷図

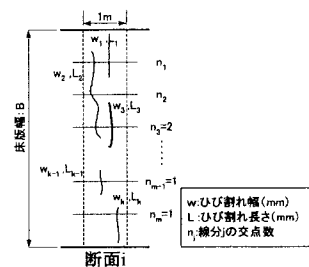
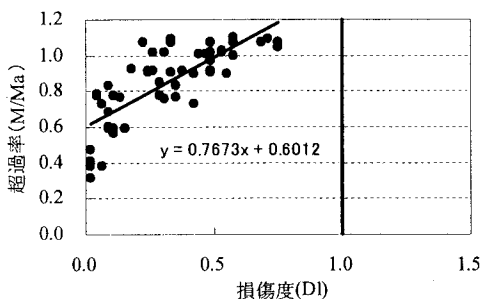


図-3 データ抽出手法図

図-4 損傷度 D_l と超過率の相関

幅, $n_{\min}$: 最大ひび割れ間隔から求めた 1m 間に発生するひび割れ本数, m : 断面 i 内の線分 j の本数とする。

$$D_{wn} = \sum w / (w_{180} \times n_{\min} \times m) \quad (3)$$

超過率と D_{wn} との相関図を図-5 に示す。近似曲線では $D_{wn}=1$ で $M/Ma=1.0$ 程度となり、発生断面力に想定したひび割れ損傷が発生していると考えられる。各断面の損傷状態が定常状態に達しているとする、超過率と損傷度の関係は直線 A ようになる。しかし、実測値はそれよりも低い D_{wn} となっている。これは、実損傷が定常状態にないことを意味する。

(3) ひび割れ損傷面積を指標とした評価

ひび割れ面積による評価方法は、断面 i に発生しているひび割れの総面積によって行う。損傷度は、式(4)に示すように最大ひび割れ幅で最小本数のひび割れが、床版全幅に発生した時のひび割れ損傷面積によって無次元化を行い、ひび割れ損傷度 D_c とする。 D_c と超過率の相関を図-7 に示す。

$$D_c = \sum (w_i \times L_i) / (w_{180} \times B \times n_{\min}) \quad (4)$$

D_{wn} と D_c の評価式から、 D_{wn} は m を増やすことで D_c の評価に近づき、線分 j の間隔を微小にすることで D_c とおなじ評価になることが言える。図-5 と図-6 を比較すると、 D_c は D_{wn} よりも損傷度が大きく評価されていることがわかる。これは、 D_{wn} では各線分の間に存在する短いひび割れを評価していないことになり、 D_c の方がより精度の高い評価であることがわかる。しかし、図-5 と図-6 の相関はほぼ一致していることから、評価値 D_{wn} でも十分ひび割れ損傷状態を評価できていると考える。また、式(4)のうち、ひび割れ幅の要素を取り除いたひび割れ延長による損傷度 D_L を求め、近似曲線を求めて D_c との比較したものを図-7 に示す。これより、2 線に差が生じているが、これらの差が幅の要素分と考えられる。しかし、これらには大差がないことから、損傷度を評価するにあたり、幅による影響は少ないと考えられる。これは損傷図のひび割れ幅のデータが、0.2~0.3mm 程度の範囲に限られているためであると考えられる。また、ひび割れ延長はひび割れ本数、つまり間隔に影響があると考えられ、 $D_c=0.5$ では $D_c=1.0$ 時のひび割れ間隔の 2 倍、つまり本数が半分になっていると考えられる。そのような損傷状態に抑えるためには、近似曲線より $M/Ma=0.9$ 程度となる。よって、設計時に用いる鉄筋許容応力度を 9 割程度に抑えることによって、現状のような激しい損傷状態は発生しないと考えられる。

4. まとめ

RC 中空床版橋のひびわれ損傷と断面力との関係について検討した結果、以下に示す知見が得られた。

- ① ひび割れの幅、長さを、損傷度として無次元化して評価することにより、RC 中空床版のひび割れ損傷状態と断面力との関係を示すことができた。
- ② 損傷状態はひび割れ幅と長さによる損傷度 D_c をもちいることにより精度よく評価できることがわかった。
- ③ RC 中空床版橋の損傷状態を抑えるためには、設計時に用いる鉄筋許容応力度を 9 割程度に抑えればよいと考えられる。

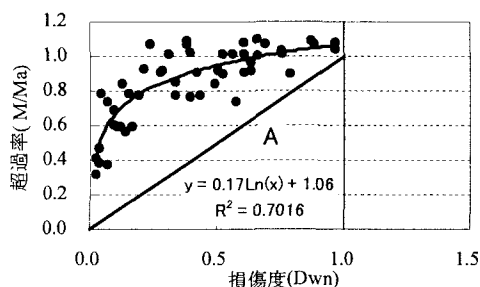


図-5 損傷度 D_{wn} と超過率の相関

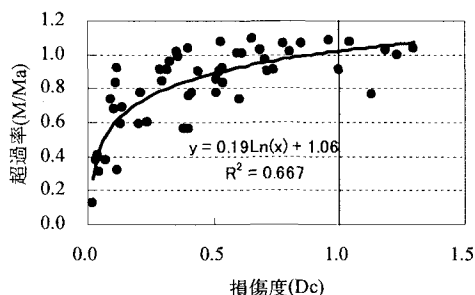


図-6 損傷度 D_c と超過率の相関

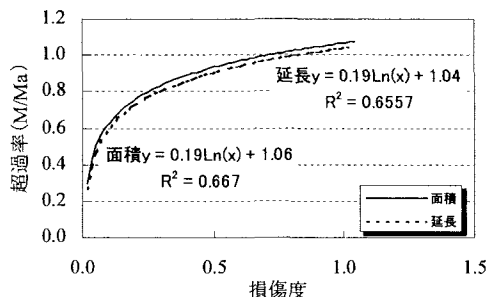


図-7 面積と延長の比較