

鉄筋コンクリート橋の健全度判定手法の検討

建設省中国技術事務所 正会員 矢原 隆
正会員 玉田 仁恵
正会員 ○和崎 正令
正会員 梅田 俊夫

1. はじめに

現在供用されているコンクリート橋には、供用後かなりの年月を経過し、クラックの発生や鉄筋の露出及び腐食などの損傷が見受けられる物があり、維持管理していく上で補修・補強の必要性の判断や、耐力力の正確な把握が必要不可欠となっている。このような橋梁の耐力力判定は、破壊抵抗曲げモーメントに占める活荷重曲げモーメントの余裕量と、設計活荷重曲げモーメントとの比（以下「破壊安全率」とする）を求め、この値と交通状況などとの関係から評価する手法が一般的に用いられている。しかし、破壊安全率と構造物の損傷度は必ずしも一致しているわけではなく、補修等の必要性の判断には技術者の経験によるところが大きい。

本調査は、補強の必要性（健全度）を耐力力と損傷の程度の両者によって表現できる手法を提案するものである。

2. 健全度判定法の構成

構造物の健全度は、これまでの判定方法と同様に破壊安全率を基にした判定方法と、損傷度から求められる剛度低下率（ひび割れによる断面二次モーメントの低下率）を基にした判定の両者によって行う。判定のフローを図-1に示す。判定に際しては、表-1に示す両要因に共通する判定基準を設定する。

これらにより求められた健全度には、様々な誤差や主観が入っている。このため、ファジー集合論を適用し帰属度関数によって定量化し、健全度の判定を行う。

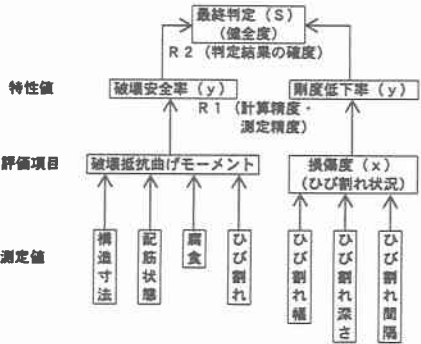


図-1 健全度の判定フロー

表-1 健全度判定基準

健全度	構 造 物 の 状 況
0	早急に補強あるいは張り替えを必要とする。
I	損傷箇所の補修と補強が必要である。
II	損傷箇所の補修が必要である。 交通量等により耐力力不足が予想される。
III	損傷箇所を補修することによって今後も供用できる。 必要な耐力力を有している。
IV	十分な耐力力を有しており健全である。

3. 破壊安全率からの健全度

対象橋梁が保持すべき破壊安全率は、今後の供用期間、交通量などの条件により左右されている。健全度はこれらの条件を考慮した安全率「照査活荷重係数」を基に表現する。道路橋示方書では活荷重係数を2.5としており破壊安全率が2.5以上の橋梁は終局耐力の面からは新規橋梁と同程度の健全度を有していることになる。従って、破壊安全率2.5を健全度IVとし、大型車混入率に対応する限界値の健全度をIとした。

$$\gamma = \frac{Mu - 1.1Md}{M1} \quad \text{----- 式 (1)}$$

γ : 破壊安全率
 Mu : 破壊抵抗曲げモーメント
 Md : 死荷重曲げモーメント
 $M1$: 活荷重曲げモーメント

4. 損傷度による健全度

健全度判定は次の方法剛度低下率を求め、損傷が認められない状態を健全度IV、補強等が必要な場合（剛度低下率が0.75）をIとし、判断することとした。

- ・ひび割れ状況からランク区分した損傷度により推定する方法（表2参照）
- ・ひび割れ調査を実施し、モデル計算による剛度低下率を求める方法
- ・載荷試験を行い剛度低下率を求める方法

5. 不確定性について

誤差の、鉄筋量・有効高さを始め損傷程度の判断等、性格の異なる多くのものが存在している。本調査では、これまでの調査結果等を基に特性値は表-3、健全度の判断には図2の誤差を設定し、曖昧な性質を認めファジー理論により帰属度関数を求めた。

すなわち、評価項目と特性値の関係（R1）及び特性値と健全度の関係（R2）を用いて、健全度の帰属度をファジー合成R（R1○R2）で帰属度を求めた。

$$\mu R(x, s) = \max \cdot \min [\mu R1(x, y), \mu R2(y, s)] \quad \text{----- 式(2)}$$

$\mu R(x, s)$: 健全度の帰属度関数
 $\mu R1(x, y)$: 評価項目と特性値との帰属度関数
 $\mu R2(y, s)$: 特性値と健全度との帰属度関数

6. 判定例

昭和14年に竣工した橋梁について判定を行った結果を示す。

判定結果、破壊安全率では健全度Ⅱ付近であり将来的な判断を要する結果となったが、剛度低下では健全度Ⅰ付近であり補強の必要性が認められた。この結果終局耐力の点では

・橋梁概要
 所在地：鳥根場出雲市
 橋長：417m（18×23.1m）
 形式：鉄筋コンクリートゲルバーT桁橋
 幅員：7.5m
 架設年次：昭和14年
 適用示方書：大正15年版
 設計荷重：TL-8（2等橋）
 ・破壊安全率による判定に用いたデータ
 $M_d = 151.7 \text{ t f} \cdot \text{m}$
 $M_l = 241.9 \text{ t f} \cdot \text{m}$
 $M_u = 584 \text{ t f} \cdot \text{m}$
 大型車混入率=10% ≤ 1 ≤ 40%
 交通滞留=ほとんどない
 不確定性=5.5%
 ・剛度低下率による判定に用いたデータ
 損傷程度=ランクⅢ（状況図より推定）
 不確定性=15%

現在の交通上橋に耐えることが出来るが桁の損傷によって剛度が低下しており補強が必要と判断される。

7. まとめ

今回最終判定は健全度の帰属度関数で表現した。補強等の必要性については健全度0.25における帰属度関数との関係で決定を行った。しかし、判定例も少なく、判断基準等より精度の向上が望まれる。今後、正確に橋梁の状態を把握するため、データの蓄積を行い確度の高い判定を進める所存である。

〔参考文献〕 構造物の健全度診断へのファジー集合論の適用に関する基礎的研究（土木学会論文第380号）
 土木研究所資料第1228, 2420, 2682号 他

表-2 損 傷 度 ラ ン ク

損傷度 (剛度低下率)	損 傷 状 況
0 (1.00)	・健全な状態 ・微少な曲げひび割れが所々見られる
I (0.95)	・軸方向ひび割れが見られる ・中立軸以下の微少な曲げひび割れが散在（間隔約1m）している
II (0.85)	・コンクリートが部分的に剝離している ・中立軸以下の微少な曲げひび割れが散在（間隔約50cm）している
III (0.75)	・主鉄筋が露出し、かつ腐食している ・中立軸付近まで達する曲げひび割れが多数（間隔約25cm）見られる
IV (0.65)	・外見上非常に危険と見なせる状態

表-3 特性値に関する誤差

破 壊	破壊抵抗曲げモーメント	破壊安全率
安全率	鉄筋腐食無し 5.5%	鉄筋腐食あり 7.5%
剛 度	載荷試験実施	載荷試験しない
低下率	有効断面影響小 7%	損傷判定から 15%
		剛度計算から 下記式より

$$r = -11.5 (1e/11) + 17$$

r : 剛度低下率の誤差 (%)
 $(1e/11)$: 剛度低下率

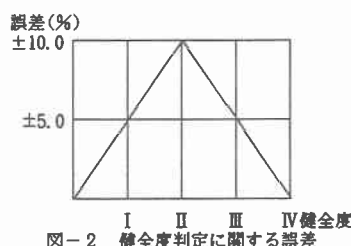


図-2 健全度判定に関する誤差

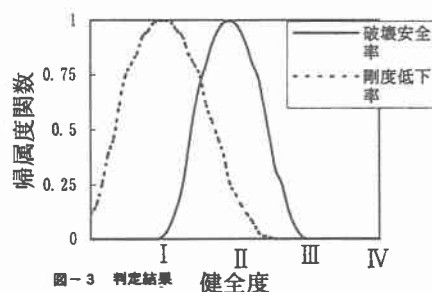


図-3 判定結果 健全度