

V-169 コンクリートの経年劣化とRC-T桁橋の耐荷力低下の予測

清水建設(株) 正会員○前田敏也 神戸大学工学部 正会員 宮本文穂
 神戸大学工学部 正会員 森川英典 神戸大学大学院 学生員 熊谷 稔

1. はじめに

コンクリート橋をはじめとする各種土木構造物に対する安全性評価を行う際には、対象とする構造物がその時点での程度の耐荷力を有しているかを明らかにすることが必要である。しかし、構造物の耐荷力はその供用期間中に各種の劣化によって低下するため、評価時点における耐荷力は必ずしも設計時のままであるとは限らない。本研究は、架設後数十年を経た数橋の鉄筋コンクリート(RC)T桁橋に対して主桁構成材料試験(コンクリートコアに対する圧縮試験及び中性化深さ試験、主鉄筋及びスタッド筋に対する引張試験)を行い、その結果から主としてコンクリートの劣化と曲げ及びせん断耐荷力の経年低下の予測について考察を行ったものである。

2. 試験の概要

試験対象橋梁は、兵庫県内で既に架け替えが決定していた「桜橋」(昭和8年架設、2@10.90m=21.80m、5主桁)「前野橋」(昭和6年架設、5@9.16m=45.80m、4主桁)、「対田橋」(昭和25年架設、5@9.80m=49.00m、3主桁)及び「中井橋」(昭和3年架設、10@10.72m=107.20m、3主桁)の4橋のいずれもRC単純T桁橋である。主桁構成材料試験は、これらの橋梁の各主桁からコンクリートコア、主鉄筋及びスタッド筋をそれぞれ数箇所から採取し、コンクリートコアに対して圧縮試験を行い、圧縮強度及びヤング係数を求めた後、コアを割裂し、割裂面にフェノールメチン溶液を噴霧することによって中性化深さを測定した。また、主鉄筋、スタッド筋に対しては引張試験を行い、降伏点強度及び引張強度を求めた。

3. 試験結果及び考察

主桁構成材料試験の結果、主鉄筋及びスタッド筋については降伏点強度が公称値(2400kgf/cm²)に比べてかなり大きく、SR24としての材質の低下がほとんどみられなかったのに対し、コンクリートについては圧縮強度及びヤング係数がかなり低く、また、中性化も進んでいたことから、材料の劣化はコンクリートについてはかなり大きく、鉄筋ではほとんど進行していないものと考え、コンクリートの中性化深さを劣化を表す指標とし、これとコンクリートの圧縮強度及びヤング係数の関連について検討した。図1及び図2にコンクリートの中性化深さ～圧縮強度及び弾性係数～圧縮強度の関係をそれぞれ示す。これらの関係について以下の回帰式をそれぞれ得た。

$$f_c' = -13.7 \cdot C + 194.7 \quad (1)$$

ここで、 f_c' : コンクリートの圧縮強度(kgf/cm²)、 C : 中性化深さ(cm)

$$E_c = 24.4 \times 10^3 \sqrt{f_c'} - 15.49 \times 10^4 \quad (2)$$

ここで、 E_c : コンクリートの弾性係数(kgf/cm²)

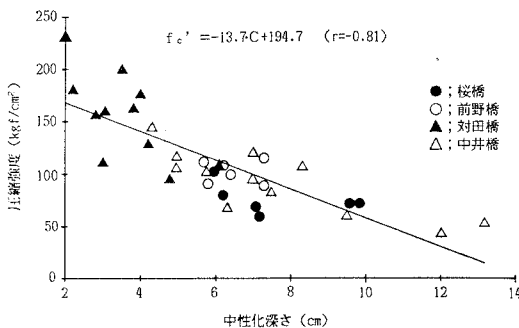


図1 中性化深さ～圧縮強度の関係

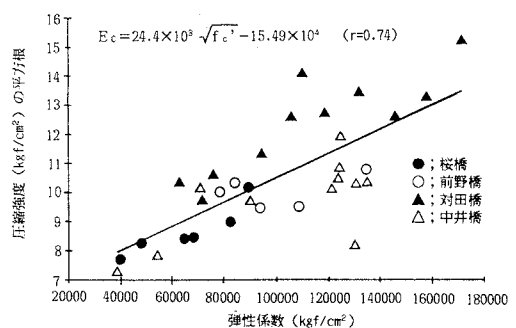


図2 弾性係数～圧縮強度の関係

式(1)及び式(2)より中性化深さ～弾性係数の関係について次式が得られる。

$$E_c = 24.4 \times 10^3 \sqrt{-13.7 \cdot C + 194.7} - 15.49 \times 10^4 \quad (3)$$

一般に、中性化深さの経時変化については次式の関係が得られている[1]。

$$C = A \sqrt{t} \quad (4)$$

ここで、 $A = \overline{C_{T_1}} / \sqrt{T_1}$ 、ただし、 $\overline{C_{T_1}}$: T_1 時の平均中性化深さ (cm)、 T_1 : 調査時の材齢 (年)

式(4)より、ある時期における中性化深さを測定することにより係数 A が求められ、この A を用いて任意の材齢におけるコンクリートの圧縮強度及び弾性係数が推定可能となる。これらの関係式から求めた曲げ及びせん断耐力の経年低下の様子を時間0 (架設時) に対する耐力の比で表したものが図3である。

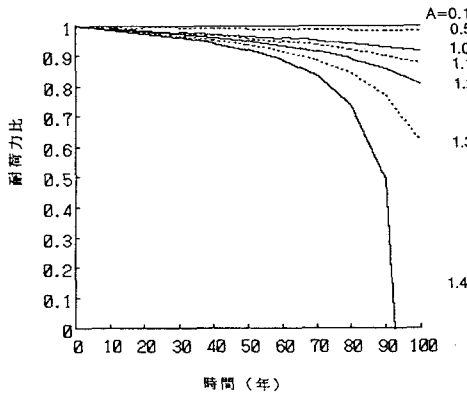


図3(a) 曲げ耐力の経年変化

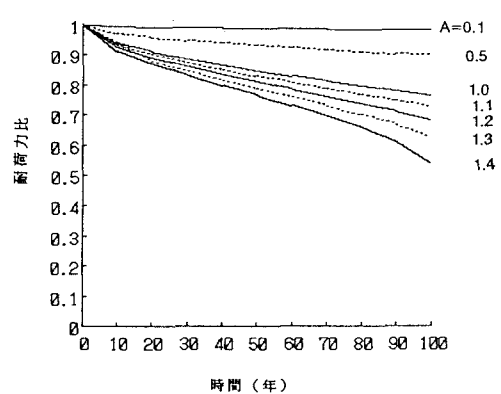


図3(b) せん断耐力の経年変化

ここで、曲げ耐力は以下の式により算定した。

$$M_u = A_s \cdot \sigma_{sy} \cdot (d - 1/2 \cdot A_s \cdot \sigma_{sy} / (0.85 \cdot \sigma_{ck} \cdot b)) \quad (5)$$

但し、 M_u : 終局曲げモーメント (kgfcm)、 A_s : 引張り鉄筋量 (cm^2)、 σ_{sy} : 鉄筋降伏応力度 (kgf/cm^2)

d : 有効高さ (cm)、 σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度 (kgf/cm^2)、 b : 圧縮フランジの有効幅 (cm)

一方、せん断耐力は、圧縮側コンクリートの受け持つせん断耐力とスタッド筋が受け持つせん断耐力との合計とした。ただし、コンクリートのせん断強度は、ACI規準にしたがい以下の式により算出した。

$$\tau_m = 0.93 \sqrt{f_c'} \quad (6)$$

ここで、 τ_m : コンクリートの平均せん断強度 (kgf/cm^2)、 f_c' : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm^2)

これより、コンクリートの劣化は、曲げ耐力に対しては初期の段階ではあまり影響しないが、供用年数が50年を過ぎるあたりから劣化による耐力の低下が急激に大きくなる傾向にあり、この傾向は式(4)における係数 A の値が1.0以上、すなわち劣化の速度が大きい場合に特に顕著に現れている。一方、せん断耐力に対しては初期の段階から影響しているが、その後の変化もほぼ直線状態で曲げのように急激に低下する傾向はみられない。これらのことから、架設後50年程度ならば、材料劣化の耐力の低下への影響は曲げよりもむしろせん断に対して大きいものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた主な結果を以下にまとめる: ①4橋の実橋から採取したコンクリート7試験結果に基づいて、ある時期のコンクリートの中性化深さを測定することによって任意の材令におけるコンクリートの圧縮強度及びヤング係数を推定可能とした。②コンクリートの劣化は架設後50年程度であればコンクリート橋の曲げ耐力よりもむしろせん断耐力の低下に影響するが、劣化速度が非常に大きい場合、架設後50年程度から曲げ耐力は急激に低下する傾向にある。

【参考文献】

[1]和泉: 耐久性診断事例中性化、コンクリート工学、Vol. 26, No. 7、日本コンクリート工学協会、1988. 7