

鉄筋コンクリート橋の橋齢と健全性との相関性に関する基礎的調査研究

広島工業大学工学部 フェロー会員 ○中山 隆弘 広島工業大学大学院 大嶋 健太
前田建設工業株式会社 高原 周平

1. はじめに

高度経済成長期にわが国の社会基盤施設の整備は急速に進み、広島県が管理する橋に限っても、約3,540橋強に上り、維持補修が必要な橋梁も年々増加している。

そこで、本研究では、広島県による点検データに基づいて、鉄筋コンクリート橋の竣工時からの経過年（ここでは「橋齢」と称する）と、橋梁部材の健全性との関係について検討を行った。

具体的には、支間長が15m以上の橋梁を35橋ピックアップし、それらの主桁および横桁の健全度評価データから、橋齢と部材の健全度との相関係数を算出した。また、今後の橋梁の維持補修計画の精度を向上させることを主たる目的とし、両者の相関係数を上げるための手法について検討した。

2. 鉄筋の腐食

2.1 Fickの拡散方程式

コンクリート表面からの塩化物イオンの浸透現象は、ある程度、次式で与えられるFickの拡散方程式によって表わされると言われている。

$$C(x,t) = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right) + C(x,t)$$

式中、

$C(x,t)$: 表面から x (cm) の位置における t 年後の
塩化物イオン濃度 (kg/cm^3)

なお、本研究では、

$$C(x,0) = 0 \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

と仮定した。

C_0 : 表面の塩化物イオン濃度 (kg/cm^3) で、参考文献1)では、表1のように与えられている。

表1 表面の塩化物イオン濃度

飛沫帯	海岸からの距離 (km)				
	汀線付近	0.1	0.25	0.5	1.0
13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5

D : 塩化物イオンの見掛けの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

erf : 誤差関数

γ_{cl} : 塩化物イオン濃度のばらつきに関する安全係数

2.2 鋼材位置における塩化物イオン量と橋齢と関係

図1に、かぶりが5cmであることを想定して、 $X=5\text{cm}$ としたときの、橋齢と同位置における塩化物イオン濃度との関係を示す。なお、図中の直線は鉄筋が腐食し始めるときの限界塩化物イオン濃度 $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ を示したものである。

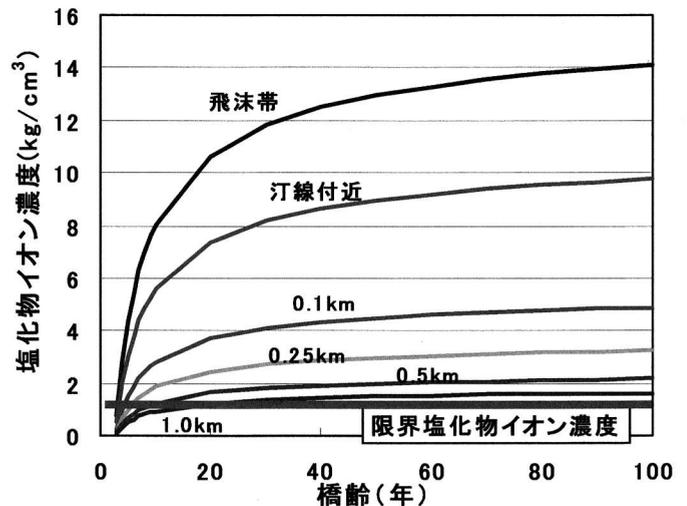


図1 橋齢と塩化物イオン量との関係

図より、例えば、汀線付近の橋梁であれば、橋齢が4,5年で、鉄筋の位置における塩化物イオン濃度が限界濃度に達することが推定できる。

3. 鉄筋コンクリート部材の劣化曲線

さて、図2は、広島県によって調査された支間長が15m以上の鉄筋コンクリート橋の主桁および横桁の健全度と橋齢との関係(劣化曲線)を示したものである。

なお、紙面の都合で健全度の評価方法の詳細については発表時に述べるが、例えば、健全度5は損傷が認められない部材を示し、健全度1は、構造上、または交通障害や第三者等への被害の恐れがあり、緊急に対応する必要がある部材であることを示している。

図から明らかのように、データには大きなばらつきがあり、両者の相関はあまり高くないことが分かる。これには4.で述べているように様々な要因が考えられるが、今回は、交通量と架設位置のふたつを要因と考え、検討を進めた。

1960年代に架設された橋梁群の健全度における大きなばらつきは、西日本地域において多くの海砂が使用されたこと、ポンプ車の性能が低かったこと、締固め不良も多かった当時の要因に起因しているように思われる。

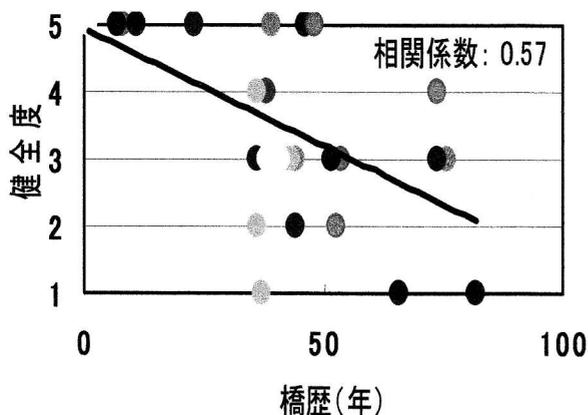


図2 橋齢と健全度との相関性

4. 橋齢と健全度との関係のばらつきの要因

図2に示したデータのばらつきの要因としては、①汀線から架設位置までの距離、②交通量、③凍結防止剤の使用量、④使用材料、⑤かぶり厚さ、⑥施工の精度などが上げられる。

しかし、今回は、汀線から橋梁の架設位置までの距離と、過去の交通量調査のデータに基づく交通量のみ注目し、それらが健全度にどの程度影響するか基礎的な検討を行った。

まず、汀線からの距離については、当然と言えば当然であるが、同じ橋齢のものでも、沿岸部の橋梁の健全度は低く、逆に、県北部の橋梁のそれは比較的高い傾向が認められた。

次に、交通量(平日の12時間交通量調査結果)の影響であるが、例えば、他の地域よりも比較的交通量の多い廿日市市の橋梁においてはそれだけ健全度が低いという傾向は見られなかった。

5. 換算橋齢

5.1 換算橋齢の定義

橋梁の健全度とその橋齢が大きく関係することは言うまでもないが、当然ながらその他の要因も無視することはできない。

したがって、本研究では、実際の橋齢にそれらの影響を考慮できる補正係数を導入し、「換算橋齢」という新たな概念を構築することを目的に、初歩的検討を行った。

まず、換算橋齢 tr を次式で定義した。

$$tr = \alpha(d, p, \text{etc} \dots) \times t$$

式中、 α : 換算係数、 d : 汀線から橋梁架設位置

までの距離 (km)、 p : 交通量

5.2 換算橋齢の試算結果

現時点では、とりあえず、 α と d に、 $\alpha = ad + b$ で与えられる線形関係があるとして検討しかなされていない。また、式中の a, b についても、健全度と換算橋齢との相関性ができるだけ高くなるように試行錯誤的に求めた結果しか得られていない。

さらに、結果的にも十分な結果とは言えないが、試算の結果を図3に示す。

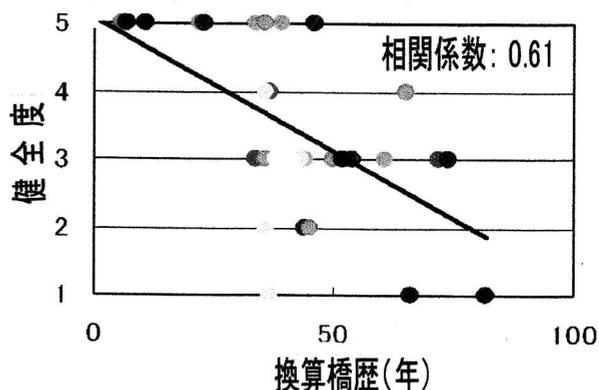


図3 換算橋齢と健全度との相関性

図2と図3の違いは目視ではほとんど分からない。相関係数のごく僅かに上がった程度である。

この結果から、架設地点の影響よりも、むしろその他の要因の方が強いのではないかと推察される。

6. おわりに

本研究は、今後、橋梁のライフサイクルコストの評価²⁾、³⁾にも関係する。さらなる検討を行いたいと考えている。

なお、本研究で用いたデータについては、広島県道路保全室の浦辻和幸氏、(財)広島県建設技術センターの正田 武氏 (いずれも当時) に多大の便宜をはかっていただいた。深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会:平成11年度版コンクリート標準示方書 [施工編] -耐久性照査型、2001.1
- 2) 田中滋士・中山隆弘:期待ライフサイクルコストの最小化による鉄筋コンクリート橋梁部材の維持・管理計画に関する研究、土木学会中国支部第58回研究発表会、VI-3、pp.467-468、2006.6.
- 3) 田島稔朗・中山隆弘:鉄筋コンクリート橋梁部材のライフサイクルコストに関する信頼性工学的アプローチ、土木学会中国支部第59回研究発表会、I-26、pp.51-52、2007.6.