

J R 北海道 (株)	正会員	海原 卓也
水資源開発公団	正会員	栗田 幸治
北見工業大学工学部	正会員	桜井 宏
北海道大学工学部	フェロー会員	佐伯 昇

1. 目的

従来から鉄筋コンクリート構造物の耐久性は非常に高いものであるとの認識があり、現実に建設後60～70年以上経過しても堅固な状態で存在している例も多数ある。しかし北海道のような積雪寒冷地で、なおかつ海岸付近にある構造物には、凍害や塩害などをはじめとする複合的な劣化要因が作用する悪環境により、コンクリートの耐久性が急激に失われ、構造物の寿命が短命に終わることも少なくない。従って、このような悪環境における十分なコンクリート構造物の耐久性を確保することが今後、重要な課題であると考えられる。そのためには劣化に係わるあるゆる要因を統計的に分析し、耐用年数を評価することが第一と考えられる。コンクリート構造物の耐用年数予測には、実構造物の断続的な追跡調査によるデータ解析が最も好ましいが、これには多くの時間を必要とし、結果が得られるのは数年も先のことになる。

そこで本研究では、北海道に存在するコンクリート構造物のうち、鉄道施設の橋梁にのみ着目し、現在供用中のものを設計図書、非破壊試験等により調査したデータを基に、その耐用年数予測を信頼性解析による検討を試みた。

2. 評価対象構造物

今回対象とした構造物の範囲を図-1に示す。構造物は離岸距離を基準として3000 m以上を内陸部、それ以下を日本海側、太平洋側として各グループにまとめた。

3. 解析手法^{2) 3)}

本研究ではコンクリート橋の主桁底面に鉄筋腐食により発生する縦ひび割れを耐用年数の限界値として設定した。縦ひび割れの発生はコンクリート橋の使用限界状態であり、構造物の補修を行う時点でもある。この縦ひび割れの発生する時間を故障時間とし、故障時間を推定する解析モデルには対数線形モデルを用いた。

故障の発生する時間を T_0 、環境からくる要因を x 、それにかかる係数を β とし、またこれらの因子が 0 の場合の構造物が固有に持っている故障時間を t_0 、これにかかる尺度母数を σ とする。このときの縦びり割れ発生年数の対数 T の対数線形モデルを下式のようにする。

$$T = \ln T_0$$

$$\mu = \beta_0 + \sum \beta x$$

$$t = \ln t_0$$

$x=0$ の場合の縦ひび割れ発生の耐用年数 t に関する確率密度関数に、分布形状が $0 \leq t < \infty$ の形をとり、信頼性解析に最も適しているワイブル (Weibull) 分布を用いた場合、そのときの確率密度関数は、

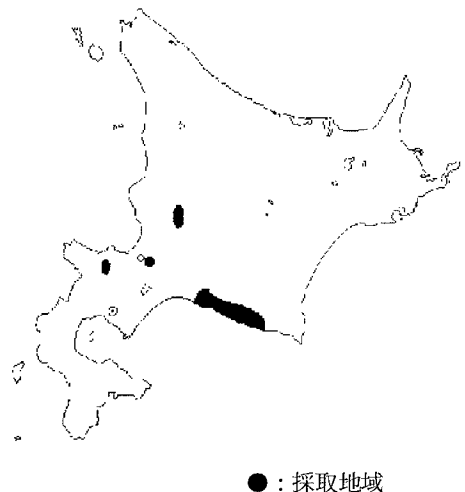


図-1 Sample 分布図

表-1 推定値の計算結果

	推定値	有意水準
β_0	15.227	0.0001
L C O	0.1101	0.0056
L	0.0020	0.0056
F C K	-0.0040	0.0001
T C	-0.3590	0.0001
σ	0.1659	

$$f(t) = \gamma a t^{\gamma-1} \exp(-a t^{\gamma})$$

$$\gamma = 1/\sigma$$

$$a = \exp(-\mu/\sigma)$$

となる。このとき未知パラメータは α 、 β となりこれらの推定方法に対数を用いた最尤法を使用し、ワイブル関数 $f(t)$ を決定した。さらに信頼度関数は次式により決定する。

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(x) dx$$

4. 解析結果

今回は鉄道構造物での初めての試みということで、解析に使用したパラメータは50種類程度とした。これらのうち被害判定値との相関性の高いものを組合せ、最も有意水準の高くなる組合せについて信頼性解析を行った。表-1に各パラメータの推定値および有意水準の計算結果を示す。この解析結果からコンクリート構造物の劣化に高い相関性を有しているものは、LCO；飛来塩分量の対数値、L；離岸距離、FCK；コンクリートの圧縮強度、TC；温度変化量（年平均最高気温－年平均最低気温）の組合せであり、一日の通過列車本数などの影響は少なかった。

図-2、3に日本海側および太平洋側の構造物の解析結果を示す。まず日本海側のものについては、供用年数が28年、主桁の観測による被害率は100%であり、図に示す通り解析においても同様な劣化が予測された。

これに対し太平洋側のものについては供用年数が29年、主桁の実際の被害率が67%であるが、解析によると被害率は10%程度となった。これらによると各々のデータが少ないために精度は低めではあるが、ほぼその傾向を示していると思われる。

5. まとめ

本研究の結果をまとめると以下の通りとなる。

1) 鉄道コンクリート構造物については、今後母団の増加をはかり、調査データを充実させることにより他のコンクリート構造物同様に、信頼性解析が可能であると思われる。

2) 鉄筋コンクリート橋の腐食によるひび割れ発生には、飛来塩分量や温度変化量などの悪環境が大きく影響していると思われる。

《参考文献》

- 1) 北海道土木技術会コンクリート委員会：コンクリート構造物の耐用年数予測評価のための調査報告書（平成6年3月）
- 2) 栗田幸治：橋梁および港湾コンクリート構造物の劣化予測、北海道大学工学部土木工学科修士論文（平成8年2月）
- 3) 真壁肇、宮村鐵夫、鈴木和幸：信頼性モデルの統計解析、共立出版（1989年）

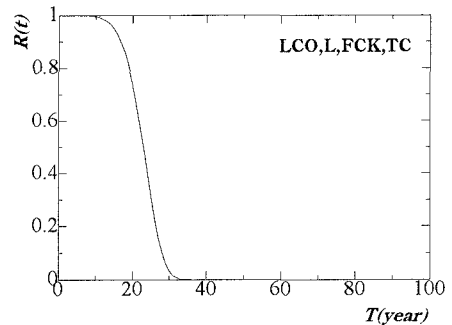


図-2 日本海側の構造物の信頼度関数

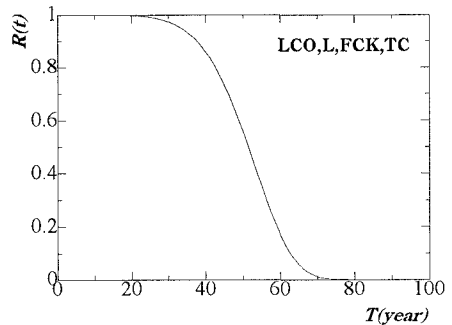


図-3 太平洋側の構造物の信頼度関数