

RCの耐用年数予測評価のためのデータ解析に関する検討

北見工業大学	正員	井宏一
北見工業大学	正員	櫻鮎耕一
北海道大学工学部	正員	佐伯昇人
大成建設(株)	正員	鈴木明人
日鐵セメント(株)	正員	藤田嘉夫

1.はじめに コンクリート構造物(RC)の耐久設計や、維持管理するためにはコンクリート構造物の耐用年数を理論的に把握する必要がある。そのためには、理論的な解析方法や、データの整理方法、フロー等の検討が必要になる。解析データとしては、実構造物の調査、曝露実験や劣化促進試験の実施、公開及び入手可能なデータ等の有効利用とそのデータベースの構築が必要である。

本研究ではこれらのフローに基づきデータを統計的に解析し、さらに信頼性を考慮した解析に導入する手法を検討し、その解析例を示す。

2.方法

2.1 解析方法 Fig.2.1.1に解析方法のフローを示す。回帰分析を行いその相関係数と分散分析結果から重要な要因を抽出し、加速故障モデルを仮定した信頼度関数の中の共変量にする。

信頼度関数と確率密度関数及び共変量の関係を以下に示す。

$$\text{信頼度関数: } R(t) = \exp(-(t/\beta)^{\alpha}) \quad \text{Equation (2.1.1)}$$

$$\text{確率密度関数: } f(t) = (\alpha t^{\alpha-1} / \beta) \exp(-(t/\beta)^{\alpha}) \quad \text{Equation (2.1.2)}$$

ここで、 $\alpha = 1/\sigma$, σ は尺度母数

$$\beta = \Psi(X) = \exp(X'b) = \exp(b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n) \quad \text{Equation (2.1.3)}$$

ここで、 X' は共変量のベクトル, b は未知のパラメータベクトル

Table.2.2 Mix proportions of the concrete

Kind of mix proportion,	type of cement	W/C (%)	S/n (%)	Specified mix				Property of fresh concrete	
				Water (kg/m³)	Cement (kg/m³)	Fine aggregate (kg/m³)	Coarse aggregate (kg/m³)	Admixture (cc)	Slump (cm)
N 451	Normal Portland cement	45	31	152	338	564	1277	48.5	6.3 3.5
N 452	Normal Portland cement	45	31	152	338	564	1277	39.7	8.0 4.8
N 55	Normal Portland cement	55	34	152	276	634	1258	46.9	8.0 4.5
N 65	Normal Portland cement	65	34	152	234	647	1279	52.9	9.2 5.1

Note; N451 and N452 are mix proportion for case1 and case2 respectively

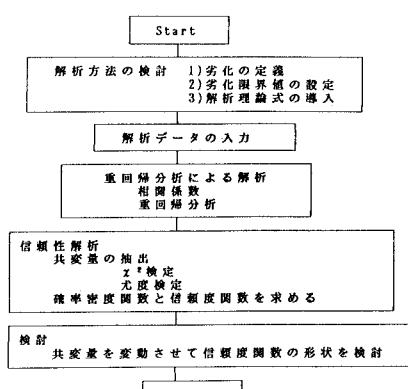


Fig.2.1.1 解析方法のフロー

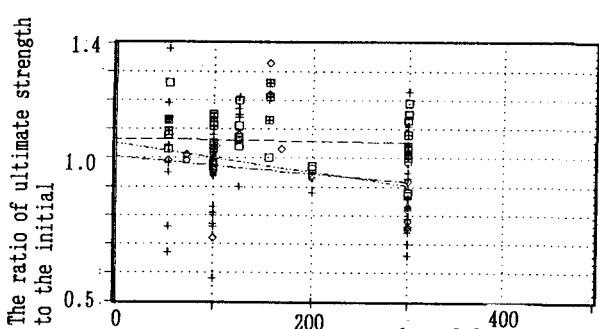


Fig.2.2.1 Relation between cycles of freeze-thaw and the ratio of ultimate strength to the initial

2.2 検討のためのデータ 検討のためのデータとしてRCのモデル化供試体による促進凍結融解試験結果¹⁾を用いた。その実験の配合をTable 2.2.1に示す。Fig. 2.2.1にその配合供試体による凍結融解回数と初期値の曲げ耐力に対する各凍結融解回数の曲げ耐力の比を取つて示した。

3. 検討結果及び考察

3.1 検討結果 曲げ耐力比を目的変数として、水セメント比と凍結融解回数を説明変数に取つた重回帰分析解析結果をTable 3.1.1に示す。いずれも有意な水準である。設定値を曲げ耐力が初期値に対して0.95以下となつた場合として、Fig. 3.1.1に、そのヒストグラムを示す。これより信頼性モデルに導入するため凍結融解回数を反応変数(t)、W/Cを共変量(X_1)に取り式中の解析を行いパラメーターを求めた結果をTable 3.1.2に示す。

3.2 考察 Fig. 3.2.1に信頼性解析による劣化の予測の結果を示す。水セメント比が大きくなると曲げ耐力の信頼性が低下する傾向が明確に表れている。

同様な検討を筆者らは寒冷地のコンクリートの表面劣化にも適用したが²⁾、今後さらに、鉄筋腐食、強度等の他の劣化にも適用を進めている。

Table 3.1.1 The result of analysis

Objective variable	INDEPENDENT VARIABLE						Multiple correlation coefficient (PR:>F)	
	Water-cement:RATIO(%)		Freeze-thaw:N(cycle)		INTERCEPT			
	ESTIMATE	T> T	ESTIMATE	T> T	ESTIMATE	T> T		
The ratio of ultimate strength to the initial	-0.002757	0.004300	-0.000277	0.000100	1.195044	0.000100	0.306602 0.000100	

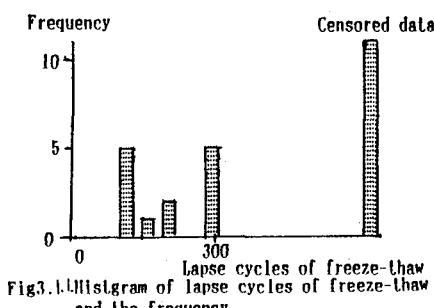
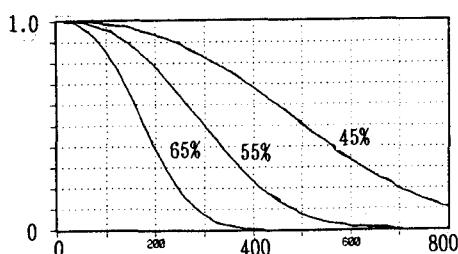


Fig 3.1.1 Histogram of lapse cycles of freeze-thaw and the frequency

Table 3.1.2 The result of analysis

The ratio of ultimate strength to the initial(RMBL≤0.95)	Estimate
Intercept(μ)	8.703
Covariate parameter Water-cement RATIO	-0.052
Scale parameter (σ)	0.391
Most log.likelihood	-15.259

Fig 3.2.1 Between lapse cycles freeze-thaw and ($R(t)$) to hazard of the ratio of ultimate strength to the initial (0.95)

4.まとめ RCの耐用年数予測評価のためのデータ解析に関する検討の結果、回帰分析と信頼性理論を組み合わせることにより劣化や性能変化の予測が可能である。

【謝辞】本研究に北見工大岡田包儀技官、同院生荒井浩昭君の協力を得た。文部省科学研究費一般C(代表鮎田耕一)の助成を受けた。ここに、感謝する。

参考文献 1) 桜井宏、荒井浩昭他、寒冷地のRC耐久性評価のための各種環境下でのモデル試験、土木学会講演概要集、第5部、pp. 6-7, 1992

2) 桜井宏、鮎田耕一、佐伯昇、鈴木明人:信頼性理論によるコンクリート構造物の劣化の評価、コンクリート年次論文報告集、13-1, pp. 629-632, 1991