

RCモデル化供試体の見かけの安全率と信頼性解析による耐久性評価

共和コンクリート工業(株) 正員 ○ 荒井 浩昭

北見工業大学

正員 桜井 宏

鮎田 耕一

岡田 包儀

北見工業大学大学院

学生員

田中 純

1.はじめに

本研究は、寒冷地各種環境下のコンクリート構造物の耐用年数や維持管理のための劣化予測をするために、定量的かつ、確率的なデータ解析を行う信頼性理論を用いた耐久性評価を導入するため検討を行った。これらを検討するためにRCモデル化供試体での促進試験を行い、これらの結果をもとに信頼性解析し、信頼度関数を検討し、信頼度をもちいて耐久性評価がどの程度可能かを検討し、信頼性理論を用いた耐久性評価を行う。

2.方法

2.1 研究方法の概要

全体の研究方法の概要をFig.2.1.1に示す。寒冷地各種環境下のコンクリートの信頼性解析による耐久性評価を行うにあたりRCモデル化供試体のデータを、見かけの安全率に整理し、統計解析システムにデータ入力する。ここで劣化の定義を行い、限界値とそれに達する前の段階の設定値を仮定する。信頼性解析を行う際の理論式の導入を行い、解析方法についての検討を行う。重回帰分析により劣化の主要な要因を抽出し、その主要因を共変量として設定値に達したものを故障(hazard)と仮定して信頼性解析により確率密度関数を求め、それを積分して信頼度関数を求める。信頼度関数の共変量を変動させシミュレーションして、信頼度関数の形状を検討する。以上の結果をもとに考察、検討し本研究のまとめを行う。

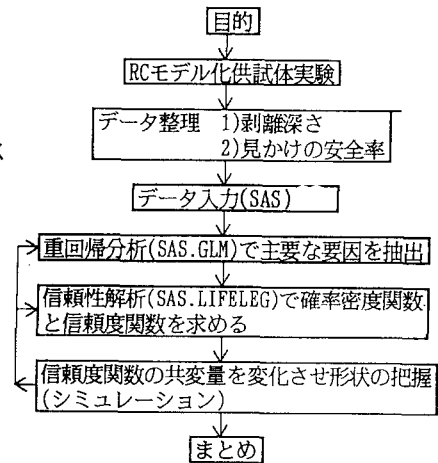


Fig.2.1.1 全体の研究方法の概要

2.2 解析方法

2.2.1 設定値の仮定

信頼性理論の故障(被害)を定義するため、コンクリートの劣化に対して健全な状態を仮定してそれより低下した劣化と判断する値を定め設定値とした。ここで、RCモデル化供試体での耐力低下を安全率の低下とすることに見かけの安全率 γ'_{RC} を設定した。Fig.2.2.2.1に見かけの安全率を求めるにいたるフローを示す。

実験より各水セメント比ごとの材令28日曲げ耐力を初期値としてRCモデル部材の見かけの安全率(γ'_{RC})を求めた。曝露試験及び促進試験後の耐力を材令28日曲げ耐力に対する安全率を凍結融解回数で変化するものとして $\gamma'_{RC}(t)$ として以下の式によって求めた。なお、 α はコンクリートの材料係数 γ_c 等の要因も含まれると考える。

$$\gamma'_{RC}(t) = \frac{Mu(t)}{Md} \quad \dots\dots \text{式(2.2.1.1)}$$

ここで $\gamma'_{RC} = \gamma_b \times \alpha \dots\dots \text{式(2.2.1.2)}$

Mu:実際の曲げ耐力 α :他の要因の係数 t:凍結融解回数 Md:設計断面力

また、ここでの設定値の判断として安全率 γ'_{RC} を凍結融解した後何%低下するかで判断した。ここに設定値を仮定した表をTable.2.2.1.1に示す。

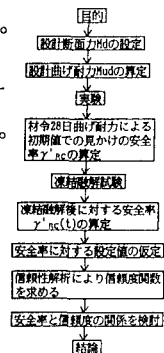
2.3 実験方法

2.3.1 RCモデル化供試体

Table.2.3.1にコンクリートの配合とフレッシュコンクリートの特性を示し、水セメント比の水準を45%, 55%, 65%, とし解析の際これを共変量とした。Fig.2.3.1にモデル供試体の形状と寸法を示す。なお急速凍結融解試験の開始材令は

Table.2.2.1.1 設定値の仮定 (見かけの安全率 γ'_{RC})

設定値/故障と仮定する安全率	
1.00	$\gamma'_{RC}(0) \times 1.00$
0.95	$\gamma'_{RC}(0) \times 0.95$
0.90	$\gamma'_{RC}(0) \times 0.90$
0.85	$\gamma'_{RC}(0) \times 0.85$

Fig.2.2.1.1 見かけの安全率 γ'_{RC} の算出方法

28日とし、ASTMのC666に準拠した。また耐力を求めるための載荷試験方法をFig.2.3.2に示す。曝露試験は凍結融解と海水の作用を受けるオホーツクの鱒浦海岸で行った。凍結融解試験は急速凍結融解は1日6サイクルとした。曝露試験による凍結融解回数は実測データと網走地方気象台のデータを比較して年平均56サイクルであった。

3. 結果及び考察

3.1 RCモデル化供試体解析結果

見かけの安全率 γ'_{RC} に対する1.00、0.95、0.90、0.85の各設定値と凍結融解回数に対する信頼性解析結果をTable.3.1.1.に示す。共変量に水セメント比をとり、どの解析結果も有意水準5%以内に入った。ここで、設定値0.85未満でのケースは解析データに設定値0.85を下回るものがほとんどないため、有意水準5%にも入らなかった。Fig.3.1.1.に水セメント比45%に固定した各々の設定値の信頼度関数を示す。設定値1.00のものについてはおよそ250サイクルでほとんど信頼度を失う結果が得られ、見かけの安全率 γ'_{RC} を維持するのは、かなり難しいといえる。設定値0.95においても見かけの安全率 γ'_{RC} を維持するのは難しいといえる。設定値0.90、0.85に対しての見かけの安全率の信頼度関数は、水セメント比45%のものは、凍結融解回数が増加してもかなり信頼度がある結果が得られた。

3.2 安全率を用いた検討

見かけの安全率 γ'_{RC} 信頼度は、凍結融解回数が増すとともにコンクリートの強度の他に、鉄筋の付着の影響がでてくるものと思われ、コンクリートの材料係数 γ_c 等が低下して、見かけの安全率 γ'_{RC} の信頼度に影響を与えたものと思われる。

コンクリートの材料係数 γ_c の低下は、コンクリートの耐力低下と、密接な関係がある。2.2.1の式2.2.1.2で示したように、コンクリートの材料係数 γ_c は、見かけの安全率 γ'_{RC} と関係があるためコンクリートの耐力低下は、安全率の低下として考えることができる。すなわち、RCコンクリート部材の耐力の低下に対する信頼性は、安全率の信頼性の低下の問題として考えることが出来る。

4. まとめ

寒冷地各種環境下のコンクリートの信頼性解析による耐久性評価の検討から、コンクリート部材の耐力の低下に対する信頼性は、安全率の信頼性の低下の問題として考えることができ、コンクリート部材の曲げ耐力などの性能の低下を予測することが可能であると考えられる。

【謝辞】

本研究にあたり北見工業大学の猪狩平三郎技官、北見工業大学大学院の阿部、中尾、迫氏の御協力を得た。また、北海道大学及び東京大学大型計算機を使用した。ここに感謝する。

Table.2.3.1 コンクリートの配合とフレッシュコンクリートの特性

配合の種類	セメントの種類	コンクリートの配合						特性		
		W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)	W	C	S	AE剤 (cc)	スランプ (cm)	AIR (%)
N451	普通ポルトランドセメント	45	31	152	338	564	1277	48.5	6.3	3.5
N452		45	31	152	338	564	1277	39.7	8.0	4.8
N55		55	34	152	276	634	1258	46.9	8.0	4.5
N65		65	34	152	234	647	1279	52.9	9.2	5.1

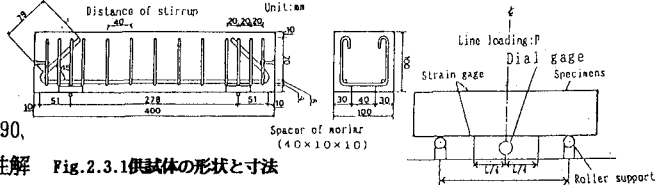


Fig.2.3.1 供試体の形状と寸法

Fig.2.3.2 載荷試験方法

Table.3.1.1 信頼性解析結果(見かけの安全率 γ'_{RC})

設定値:1.00				設定値:0.95			
推定値	PR>CHI	推定値	PR>CHI	推定値	PR>CHI	推定値	PR>CHI
切片(μ)	8.383	0.0001	切片(μ)	6.099	0.0001		
共変量 水セメント比	-0.057	0.0001	共変量 水セメント比	-0.026	0.0213		
尺度母数(δ)	0.199		尺度母数(δ)	0.312			
最大化対数尤度	-2.015		最大化対数尤度	-3.434			
設定値:0.90				設定値:0.85			
推定値	PR>CHI	推定値	PR>CHI	推定値	PR>CHI		
切片(μ)	8.741	0.0001	切片(μ)	11.334	0.0139		
共変量 水セメント比	-0.057	0.0149	共変量 水セメント比	-0.893	0.0398		
尺度母数(δ)	0.349		尺度母数(δ)	0.640			
最大化対数尤度	-6.396		最大化対数尤度	-88.01			

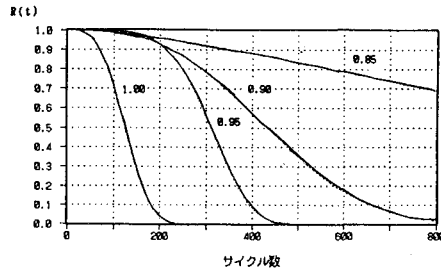


Fig.3.1.1 各々の設定値に対しての信頼度関数