

V-19

寒冷地各種環境下のコンクリートの耐久性に関する実験と評価

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 ○荒井 浩昭

1.はじめに

寒冷地各種環境下のコンクリートの耐久性評価を行うためには、凍害や鉄筋腐食等が部材に与える影響を把握する事が重要である。¹⁾ ここでは凍害や鉄筋腐食の促進試験や曝露実験を多数実施し耐力試験等を行いその結果を整理及び分析する。それをもとに確率密度関数及び信頼度関数を用いた解析を行う事を検討する。

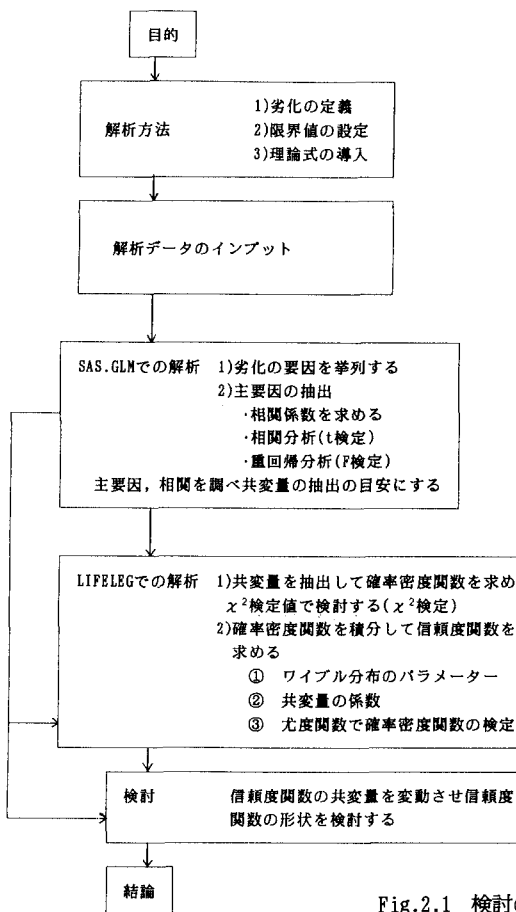


Fig.2.1 検討のフローチャート

The Experiment and Evaluation of Concrete Durability in Some Cold Environments

by H.SAKURAI,K.AYUTA,K.OKADA and H.ARAI

2. 検討方法

2.1. 検討方法

解析方法のフローをFig.2.1に示す。解析方法として劣化の定義、限界値の設定、理論式の導入を行いデータのインプットを行う。解析プログラムSAS.GLMにより劣化に重要な要因を抽出する。その要因をもとに解析プログラムLIFEREG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、信頼度関数の共変量を変動させて信頼度関数の形状を検討するための解析を行う。

2.2 実験方法

Fig.2.2にモデル供試体の形状寸法を示す。作成した供試体の鉄筋が腐食した際に、主鉄筋の腐食のみを把握するためにスターラップにはステンレス鋼を使用した。なお主鉄筋とスターラップの間は、ビニールテープで絶縁した。耐力を求めるための載荷試験方法をFig.2.3に示す。なお急速凍結融解試験の開始材令は28日とし、ASTMのC666に準拠した。Table.2.1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す。曝露試験は凍結融解と海水の両方の影響を受けるオホーツクの鱒浦海岸と凍結融解を受ける北見工業大学の屋上で行った。なお、本実験方法の中で鉄筋は、SD30Aを使用し、鉄筋比を0.3%とした。コンクリート標準示方書で述べられている鉄筋比は0.2%以上とされているので実際のRCと比べても問題がないものと思われる。また荷重たわみ曲線も圧縮強度の1/3まで弾性的な挙動を示した。

凍結融解回数は、急速凍結融解は一日8サイクル、曝露試験の方は、網走地方気象台のデータをもとに設定し、年平均で56回であった。

2.3 解析データ及び解析方法

測定は劣化指標として重量変化率、動弾性係数変化率、超音波伝播速度変化率、長さ変化率、剥離度、鉄筋腐食率などを測定し、性能として曲げによる耐力を測定した。解析は、プログラムSAS.GLMによる線形の重回帰分析及び分散分析を行いその結果、相関の強い共変量を用いてプログラムSAS.LIFEREGで解析した。信頼性解析の故障と対応させるために劣化の限界値を設定する。

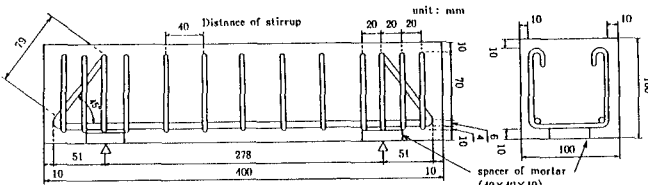


Fig.2.2 供試体の寸法と形状

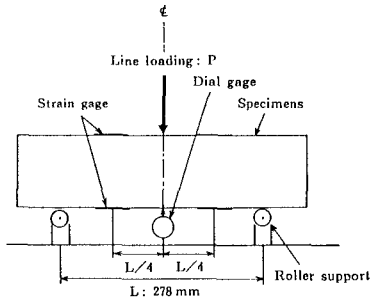


Fig.2.3 載荷試験方法

Table 2.1 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	W/C (%)	S/a (%)	示 方 配 合				フレッシュコンクリートの特性		
				単位水量 (kg/m ³)	単位セメント量 (kg/m ³)	単位細骨材量 (kg/m ³)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	AE剤 (CC)	スランプ (cm)	空気量 (%)
N 451	普通ポルトランドセメント	4.5	3.1	152	338	564	1277	48.5	6.3	3.5
N 452	普通ポルトランドセメント	4.5	3.1	152	338	564	1277	39.7	8.0	4.8
N 55	普通ポルトランドセメント	5.5	3.4	152	276	634	1258	46.9	8.0	4.5
N 65	普通ポルトランドセメント	6.5	3.4	152	234	647	1279	52.9	9.2	5.1

3. 検討結果及び考察
3.1 検討結果

曲げ耐力比と凍結融解回数の関係をFig.3.1.1 に示す。ばらつきが大きいのは曝露試験や電食試験は凍結融解の他に材令による強度の発現の影響等を受けたためである。曲げ耐力比と水セメント比及び凍結融解回数の重回帰分析結果をTable.3.1.1に示す。曲げ耐力比と凍結融解回数の回帰分析結果をTable.3.1.2 からTable.3.1.5に示す。重相関係数等は水セメント比が高い母集団ほど高くなる傾向がある。これは水セメント比が高い母集団程直線的に低下する傾向を示している。全体的に重相関係数等が低いのは、直線よりも上に凸の曲げ耐力比の変化をしている事が影響している。しかし、T検定値による凍結融解回数の有意水準は高く重要な要因であることがわかる。

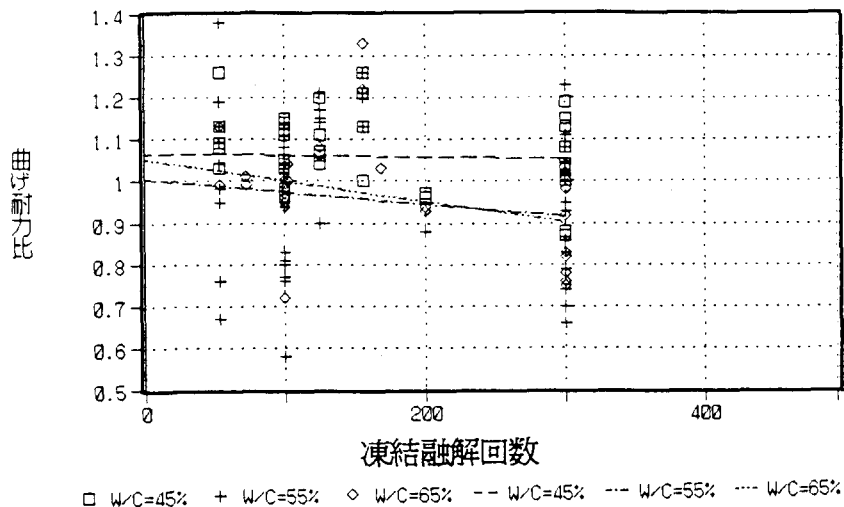


Fig.3.1.1 曲げ耐力比と凍結融解回数の関係

Table 3.1.1 曲げ耐力比と水セメント比及び凍結融解回数の重回帰分析結果

目的変数 (従属変数)	説明変数 (独立変数)						重相関係数	F検定値 (PR:≧F)
	水セメント比:RATIO(%)		凍結融解回数:N(回)		定数項			
	係数推定値	T検定値	係数推定値	T検定値	係数推定値	T検定値		
曲げ耐力比 :RMBL	-0.002757	0.004300	-0.000277	0.000100	1.195044	0.000100	0.306602	0.000100

Table 3.1.2 曲げ耐力比と凍結融解回数の回帰分析結果 Table 3.1.3 曲げ耐力比と凍結融解回数の回帰分析結果
(水セメント比全ケース) (水セメント比 W/C=45%)

目的変数 (従属変数)	説明変数 (独立変数)				重相関係数	F検定値 (PR:>F)
	凍結融解回数:N(回)		定数項			
	係数推定値	T検定値	係数推定値	T検定値		
曲げ耐力比 :RMBL	-0.000274	0.000200	1.041733	0.000000	0.246055	0.000200

目的変数 (従属変数)	説明変数 (独立変数)				重相関係数	F検定値 (PR>F)
	凍結融解回数:N(回)		定数項			
	係数推定値	T検定値	係数推定値	T検定値		
曲げ耐力比 :RMBL	-0.000035	0.704400	1.055504	0.000100	0.044844	0.704400

Table 3.1.4 曲げ耐力比と凍結融解回数の回帰分析結果 Table 3.1.5 曲げ耐力比と凍結融解回数の回帰分析結果
(水セメント比 W/C=55%) (水セメント比 W/C=65%)

目的変数 (従属変数)	説明変数 (独立変数)				重相関係数	F検定値 (PR:>F)
	凍結融解回数:W(回)		定数項			
	係数推定値	T検定値	係数推定値	T検定値		
曲げ耐力比 :RMBL	-0.000276	0.008000	1.003752	0.000100	0.316766	0.008000

目的変数 (従属変数)	説明変数 (独立変数)				重相関係数	F検定値 (PR:>F)
	凍結融解回数:N(回)		定数項			
	係数推定値	T検定値	係数推定値	T検定値		
曲げ耐力比 :RMBL	-0.000473	0.001300	1.050360	0.000100	0.342384	0.001300

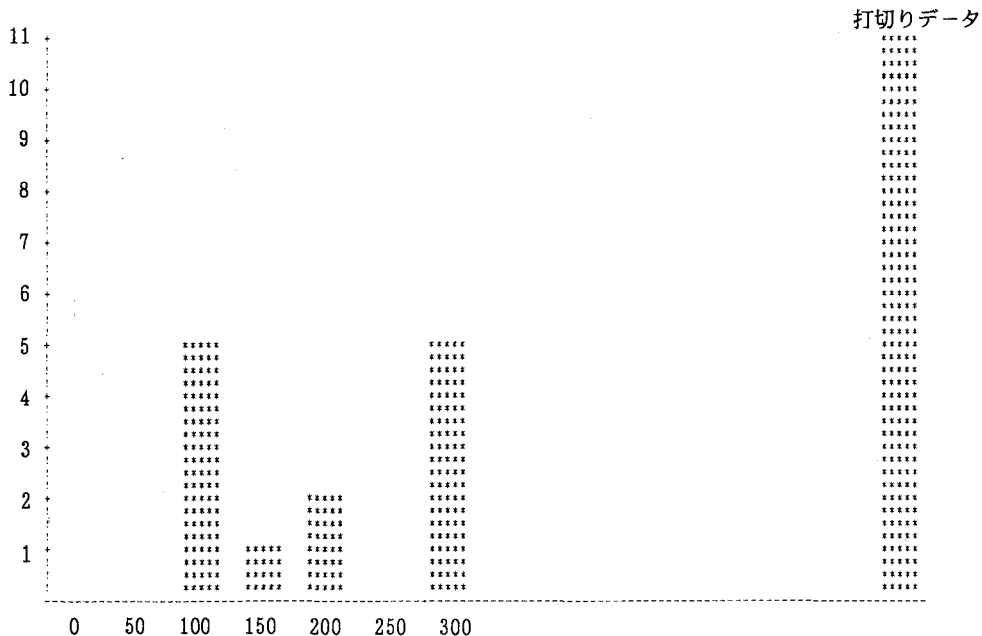


Fig. 3.2.1 凍結融解回数と設定値(曲げ耐力比:0.90)を下回った度数のヒストグラム

Table 3.2.1 信頼性解析結果

曲げ耐力比 RMBL	CASE 1	
	推定値	PR>CHI
切片 (μ)	8.7030	0.0001
共変量 の係数RATIO	-0.0516	0.0050
尺度母数 (δ)	0.3913	
最大化対数尤度	-15.2590	

3.2考察

検討結果より、水セメント比を共変量にとり曲げ耐力比が設定値0.90を下回る事を故障と仮定し、その結果のヒストグラムをFig.3.2.1に示す。曲げ耐力比の凍結融解回数に対する信頼性解析を行いその結果をTable.3.2.1に示す。なお、解析母集団には凍結融解を行わず材令91日で試験したものや電食試験後耐力試験を実施したものが含まれているためこれらのデータは削除した。以上の結果より、本実験のモデル化供試体では凍結融解回数が耐力の信頼性に影響を与えていることがわかった。

4.まとめ

寒冷地各種環境下のコンクリートの耐久性に関する実験と評価より、曲げ耐力比の凍結融解回数に対して、共変量の水セメント比にとり信頼性解析した結果本実験のモデル化供試体では凍結融解回数が、曲げ耐力の信頼性に影響を与えていることがわかった。

謝辞：本実験に対し北海道大学佐伯昇教授、藤田嘉夫名誉教授の御指導を受けた。北見工業大学猪狩技官、北見工業大学コンクリート研究室卒業生の御協力を受けた。解析には東大及び北大大型計算機センターのHITACを使用した。ここに感謝する。

参考文献：

1) 桜井宏，鮎田耕一，岡田包儀，荒井浩昭，佐伯昇，藤田嘉夫：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，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第5部，pp.6-7,1992