

八戸高専 正員 ○ 今野恵喜
八戸高専 正員 青藤 進

1. まえがき

本研究は、7種類の実験要因をとりあげて、鋼繊維補強コンクリートの促進凍結融解試験を行い、どの要因がどの程度、凍結融解抵抗性に対して影響を及ぼすかを明らかにしようとしたものである。

2. 実験概要

実験は、7要因各2水準をとりあげ、各要因を表1に示すように直交表L₈に割付けて行った。供試体は、No.1からNo.8までの各種類のコンクリートについて、10×10×40 cmの大きさの凍結融解試験用及びφ10×20 cmの大きさの圧縮強度試験用を各々3本ずつ作成した。凍結融解試験は、ASTM C666の方法に準じ、気中凍結水中融解方式で行った。試験は、供試体の相対動弾性係数が60%以下になるまで、または、繰返しが900サイクルに達するまで行い、30サイクルごとに(600サイクルを越えてからは60サイクルごとに)相対動弾性係数と重量減少率を求めた。なお、実験結果は、各種類のコンクリートとも、3本の供試体のうち劣化傾向の類似した2本の供試体のデータによってまとめた。

3. 実験結果

8種類のコンクリートのスランポ、空気量、ワーカビリティ、圧縮強度を表2に、サイクルと相対動弾性係数との関係を、図1に、また、サイクルと重量減少率との関係を、図2に示す。さらに、サイクルを終止すべき所定のサイクル数を300、600、900と考えた時の耐久性指数を表3に示す。表2、表3、図1、図2より分るように、凍結融解抵抗性は、No.5、No.7のコンクリートが高く、No.6、No.8のコンクリートが低い。No.5、No.7は、AE剤が添加された粗骨材量20%のコンクリートであり、No.6、No.8は、AE剤が添加されていない粗骨材量35%のコンクリートである。すなわち、凍結融解抵抗性に対してAE剤量と粗骨材量の効果の大きいコンビ

表1. 直交表L₈による割付け

直交表								実験の内容						
要因	A	B	C	D	E	F	G	鋼繊維の配合比	鋼繊維の長さ(mm)	粗骨材量(%)	AE剤量(%)	コンクリート(強度 σ_{cm})	締固め法	
NO. / 列	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1	60	0.75	15	20	0	4 $\pm$ 2	T法
2	1	1	1	2	2	2	2	60	0.75	15	35	C $\times$ 0.04	12 $\pm$ 2	V法
3	1	2	2	1	1	2	2	60	1.50	25	20	0	12 $\pm$ 2	V法
4	1	2	2	2	2	1	1	60	1.50	25	35	C $\times$ 0.04	4 $\pm$ 2	T法
5	2	1	2	1	2	1	2	100	0.75	25	20	C $\times$ 0.04	4 $\pm$ 2	V法
6	2	1	2	2	1	2	1	100	0.75	25	35	0	12 $\pm$ 2	T法
7	2	2	1	1	2	2	1	100	1.50	15	20	C $\times$ 0.04	12 $\pm$ 2	T法
8	2	2	1	2	1	1	2	100	1.50	15	35	0	4 $\pm$ 2	V法

鋼繊維…直線状，C…単位セメント量，T法…凍結40回，V法…ババクテラ10秒
%は45%で一定，鋼繊維投入時は手練り，水中養生14日

表3. コンクリートの耐久性指数

		凍結融解サイクルを終止 すべき所定のサイクル数			
		300	600	900	
コン ク リ ー ト の 種 類	NO.1	NO.1	95.8	82.1	49.0
		NO.2	93.8	74.9	45.3
		AVE.	94.8	78.5	47.2
	NO.2	NO.1	100.8	95.6	56.5
		NO.2	101.1	102.2	89.6
		AVE.	101.0	98.9	73.1
	NO.3	NO.1	99.3	98.9	84.0
		NO.2	94.2	77.4	51.9
		AVE.	96.8	88.2	68.0
	NO.4	NO.1	88.0	71.5	53.8
		NO.2	83.7	67.9	52.3
		AVE.	85.9	69.7	53.1
	NO.5	NO.1	96.7	94.5	89.8
		NO.2	100.9	94.4	85.5
		AVE.	98.8	94.5	87.7
	NO.6	NO.1	71.8	32.5	21.7
		NO.2	59.0	29.5	19.7
		AVE.	65.4	31.0	20.7
	NO.7	NO.1	99.2	102.3	101.6
		NO.2	97.6	90.7	76.0
		AVE.	98.4	96.5	88.8
	NO.8	NO.1	69.5	47.5	31.7
		NO.2	73.6	46.5	31.0
		AVE.	71.6	47.0	31.4

明らかである。また、NO.6、NO.8、さらにNO.4のように凍結融解抵抗性の低いコンクリートは、ワーカビリティが不良であり、鋼繊維の混入によって、骨材が分離したり、プラスチックが失われたりした状態のコンクリートとなっている。また、鋼繊維自体の分散状態も悪く、鋼繊維のボールのどまらコンクリートとなっている。

次に、サイクルを終止すべき所定のサイクル数も600と考えた時の耐久性指数を対象として、分散分析及び推定を行った結果を表4、表5に示す。表4より分るように、凍結融解抵抗性に対する要因の効果は、AE計量、粗骨材量、鋼繊維のアスペクト比、締固め法、粗骨材の最大寸法、コンシステンシーの順に大きい。鋼繊維の混入率の効果は殆んど見られぬが、これは、鋼繊維の混入率が他の要因（特に、粗骨材の最大寸法、コンシステンシー、締固め法）と交互作用効果を持ったためであり、凍結融解抵抗性に対して常に効果の無いことを意味しない。各要因のどちらの本準をとった方が、凍結融解抵抗性が高くなるかは、表5より明らかであるが、より有効な方の本準の組合せで、供試体を作成した場合には、600サイクルで100の、900サイクルで平均96の耐久性指数の大きさが期待できる。

4. まとめ

鋼繊維補強コンクリートの凍結融解抵抗性に対して、粗骨材量の効果は、AE計量と同程度に大きい。また、鋼繊維のアスペクト比、粗骨材の最大寸法、コンシステンシー、締固め法等も効果を持つか、表5より分るように、これらはいずれも鋼繊維の分散、コンクリートのワーカビリティ、締固め等をよくする本準の側で、耐久性指数が高くなっている。

凍結融解抵抗性の高い鋼繊維補強コンクリートを得るには、曲げ強度や引張強度の改善のための鋼繊維補強コンクリートより、さらに鋼繊維の分散、コンクリートのワーカビリティ、締固め等に留意することが必要といえる。

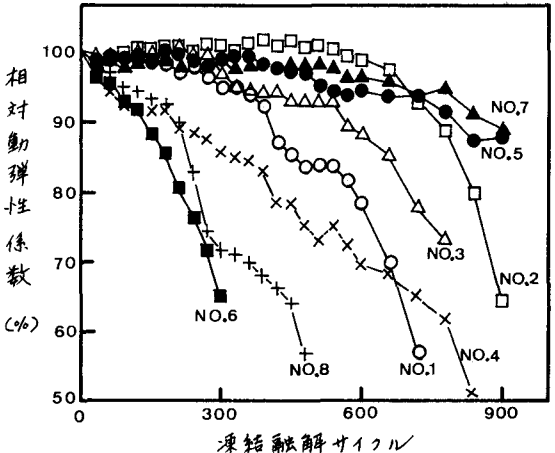


図1. 凍結融解サイクルと相対動弾性係数との関係(2本の平均値)

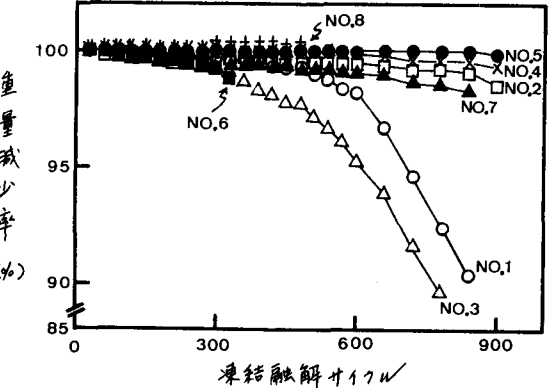


図2. 凍結融解サイクルと質量減少率との関係(2本の平均値)

表4. 分散分析表

要 因	S.S.	D.F.	M.S.	F ₀	基準値(%)
鋼繊維の分散性	1098.92	1	1098.92	27.87**	11.7
鋼繊維の混入率					
粗骨材の最大寸法	353.44	1	353.44	8.96*	3.5
粗 骨 材 量	3080.25	1	3080.25	78.12**	33.6
A E 計 量	3300.50	1	3300.50	83.71**	36.1
コンシステンシー	155.00	1	155.00	3.93	1.3
締 固 め 法	696.96	1	696.96	17.68**	7.3
誤 差	354.93	9	39.43		6.5
合 計	9040.00	15			100.0

**有意水準1%で有意, *有意水準5%で有意

表5. 推定の結果

要 因	第1水準	第2水準	推 定
鋼繊維のアスペクト比	83.8	67.2	アスペクト比60の方が100より有効
鋼繊維の混入率	75.7	75.3	変わらない
粗骨材の最大寸法	80.2	70.8	最大寸法15mmの方が25mmより有効
粗 骨 材 量	89.4	61.7	粗骨材量20%の方が35%より有効
A E 計 量	61.2	89.9	AEの方がNO.8AEより有効
コンシステンシー	72.4	78.6	コンシ12.5cmの方が42.2cmより有効
締 固 め 法	68.9	82.1	バートル法の方が突き締法より有効

95%信頼限界±5.02