

立命館大学理工学部 正会員 児島 孝之
立命館大学大学院 学生員○抜木 幸次

立命館大学理工学部 正会員 高木 宣章
北海道開発局 佐藤 朱美

1. まえがき

1997年に改訂された JIS A 5011-2 (コンクリート用スラグ細骨材—第2部:フェロニッケルスラグ細骨材)では、1.2mm フェロニッケルスラグ(FNS)細骨材の 0.15mm ふるいを通過する微粒分量が 10~30%に規定された。本実験では、この規定値以上の微粒分を有する 1.2mm の FNS (以下、FNS1.2)を使用したコンクリートのフリーディング、圧縮強度、耐凍害性について実験検討した。また、消泡剤の使用が耐凍害性に及ぼす影響についても検討した。

2. 実験概要

表1に実験要因、表2に使用材料、表3に示方配合を示す。既報告データ⁽¹⁾も合わせて検討する。本実験のものをシリーズ A、既報告⁽¹⁾のものをシリーズ B とする。FNS1.2 は川砂と混合使用し、比較用として普通コンクリートの配合 N100-1A、N30-1B の供試体も作製した。水セメント比は 50%、目標スランプは 8 ± 1.5 cm、目標空気量は $4.5 \pm 1\%$ とした。供試体は打設翌日脱型し、所定材齢まで標準水中養生 ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) を行った。フリーディング試験は JIS A 1123-1975、凍結融解試験は JSCE-G 501-1986 に従って行った。硬化コンクリートの気泡間隔係数および気泡径分布は、画像解析装置により測定した⁽²⁾。

3. 実験結果および考察

混合細骨材の微粒分がフリーディング量に及ぼす影響を図1に示す。使用する AE 減水剤の種類により、単位水量およびフリーディング量は異なる。タイプ1の AE 減水剤を使用したときには、水セメント比が同じ普通コンクリートに比較して、FNS 細骨材コンクリートのフリーディング量は微粒分量の増加に伴い大きくなった。微粒分の増加に伴い単位水量が幾分増加するためフリーディング量は増加するが、フリーディング量の増加は比較的少ない。微粒分の増加がフリーディングを抑制しているものと考えられる。

表1 実験要因

シリーズ	細骨材混合比 (容積比 %)	混合細骨材の 0.15mm ふるい通過量 (%)			混和剤の 種類
		15%	20%	25%	
シリーズ A	野洲川砂	FNS1.2	FNS1.2 中の 0.15mm ふるい通過量		タイプ 1, 3
	60	40	27.0%	39.5%	
	50	50	—	33.0%	
	40	60	—	37.0%	
	川砂	混合細骨材の 0.15mm ふるい通過量			
	100		7.0%		
シリーズ B	由良川砂	FNS1.2	FNS1.2 中の 0.15mm ふるい通過量		タイプ 2, 4
	70	30	19.3% (11%) ⁽¹⁾	—	
	60	40	19.3% (11%) ⁽¹⁾	28.5%	
	50	50	19.3% (12%) ⁽¹⁾	24.0%	
	40	60	—	21.0%	
	川砂	山砂	混合細骨材の 0.15mm ふるい通過量		
	70	30	4.0%		

注) *: 混合細骨材の実際の 0.15mm ふるい通過量

表2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント	$\rho = 3.16$
細骨材	野洲川産川砂	$\rho = 2.62$ FM=2.59
FNS1.2		$\rho = 3.14$ FM=1.61
粗骨材	高橋産硬質砂岩砕石	$\rho = 2.69$ FM=6.87
混和剤	AE減水剤	タイプ1 ヴィンシル酸化合物 および N-スルホン酸化合物
	AE助剤	タイプ2 ヴィンシル酸化合物
		タイプ3 変性ポリリン酸化合物系 陰イオン界面活性剤
	消泡剤	タイプ4 ポリメチルシリコーン樹脂

注) 表中のセメント、細・粗骨材のデータはシリーズ A の値

表3 コンクリートの示方配合

シリーズ	配合名	細骨材混合比		混合細骨材		FNS1.2		W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)										スランプ (cm)	空気量 (%)
		川砂 (%)	FNS1.2 (%)	0.15mm 未満 (%)	FM	0.15mm 未満 (%)	FM			水	セメント	川砂	FNS	微粒分 (FNS内数)	粗骨材	AE減水剤	助剤	消泡剤	空気量 (%)		
A	F40-15A	60	40	15	2.17	27.0	1.54	50	42.0	170	340	446.9	343	14.1	1060	タイプ1 C×0.375%	4.0A	8.0	5.5	タイプ2 C×0.375%	4.0A
	F40-20A	60	40	20	2.06	39.5	1.27			172	344	439.7	279.7	71.6	1066		4.0A	9.0	5.1		
	F40-25A	60	40	25	1.95	52.0	0.99			174	348	432.5	218.2	127.3	1070		3.5A	6.8	4.0		
	F50-20A	50	50	20	2.00	33.0	1.41			170	340	368	388.8	52.2	1070		3.5A	7.2	4.1		
	F50-25A	50	50	25	1.89	43.0	1.19			172	344	362	325.5	108.5	1074		3.5A	6.5	3.9		
	F60-25A	40	60	25	1.83	37.0	1.32			175	350	284	422.6	87.2	1076		3.5A	7.2	3.6		
	N100-1A	100	—	7	2.62	—	—			172	344	786	—	—	1070		2.0A	8.2	2.5		
	F30-10B	70	30*	10	2.65	19.3	1.75			157	314	560	296	—	1031		3.5T	8.0	4.7		
B	F40-10B	60	40	11	2.53	19.3	1.75	50	42.0	160	320	468	384	—	1038	タイプ2 C×0.375%	3.5T	8.5	5.0	タイプ3 C×0.375%	4.0T
	F40-15B	60	40	15	2.44	28.5	1.55			160	320	465	378	44.1	1047		3.0T	7.5	4.7		
	F50-10B	50	50	12	2.39	19.3	1.75			160	320	386	476	—	1047		3.0T	8.5	5.1		
	F50-15B	50	50	15	2.34	24.0	1.64			160	320	375	460	28.5	1071		2.0T	7.5	5.0		
	F50-20B	50	50	20	2.23	34.0	1.42			162	324	365	450	83.3	1078		1.5T	7.5	5.3		
	F60-15B	40	60	15	2.24	21.0	1.71			162	324	296	545	13.8	1071		2.5T	8.5	5.3		
	F60-20B	40	60	20	2.12	29.3	1.52			164	328	290	532	67.3	1078		2.5T	8.0	4.6		
	N30-1B	70	30*	4	2.72	1.0	1.97			149	298	586	248*	—	1031		4.0T	8.0	4.2		

注) シリーズ A の助剤は AE 助剤 (1% 希釈溶液をセメント 1kg あたり 1cc 使用時を 1A) ; シリーズ B の川砂は由良川産、助剤は消泡剤 (1% 希釈溶液をセメント 1kg あたり 2cc 使用時を 1T)

*: 網野産山砂

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Koji NUKIGI, Akemi SATOU

圧縮強度と混合細骨材の微粒分量の関係を図 2 に示す。FNS1.2 細骨材の使用量および微粒分量に関わらず、FNS 細骨材コンクリートの圧縮強度は、水セメント比の同じ普通コンクリートとほぼ同程度であった。

凍結融解試験における相対動弾性係数の経時変化を図 3 に示す。FNS 混合率を 50%以下にし、水セメント比と空気量を適切に選定した AE コンクリートにすれば、普通コンクリートの場合と同等な満足すべき耐凍害性を一般に得ることができる。しかし、FNS 混合率が 40%以下であっても消泡剤の使用により耐凍害性が著しく低下し、消泡剤の使用が気泡分布に悪影響を及ぼしている可能性があることを報告した⁽¹⁾。消泡剤を使用していない本実験（シリーズ A）では、FNS 混合率が 60%においても、また、FNS1.2 の 0.15mm ふり通過量が約 50%であっても満足な耐凍害性が得られた。

気泡間隔係数および空気量を表 4 に、気泡径分布を図 4 に示す。画像解析により測定した硬化コンクリートの空気量は、フレッシュコンクリート時の測定値より、消泡剤使用時には 1~2.5%程度低下し、良質の AE 助剤使用時には 1~2%程度増加した。また、消泡剤の使用により気泡間隔係数はかなり大きくなるとともに、径の小さい気泡が少ない。一方、良質の AE 助剤を使用することにより FNS 混合率 60%あるいは 0.15mm ふり通過量が JIS 規定値以上であっても、硬化コンクリートの空気量、気泡間隔係数および気泡径分布は良好で、十分な耐凍害性が得られた。

4. 結論

JIS 規定値以上の微粒分を有する FNS1.2 細骨材を使用する場合においても、良質の AE 減水剤と AE 助剤を使用することによりコンクリートの物性に悪影響はない。消泡剤の使用が気泡径分布に及ぼす影響は大きく、耐凍害性を考慮するコンクリートへの使用にあたっては十分な検討が必要である。

【参考文献】

- (1) フェロニックス社 細骨材の微粒分がコンクリートの物性に及ぼす影響に関する研究, セメント・コンクリート論文集, No.51, 1997
- (2) 西山 孝 他 ; シアアクリートによる硬化コンクリート中の気泡組織の染色と観察, セメント技術年報, No. 42, pp.212-214, 1988

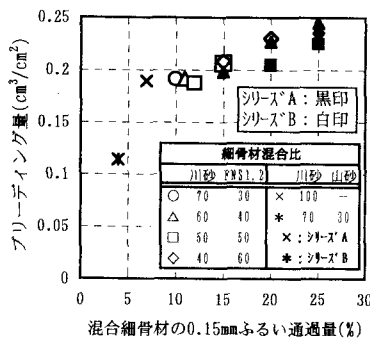


図 1 フリーディング量

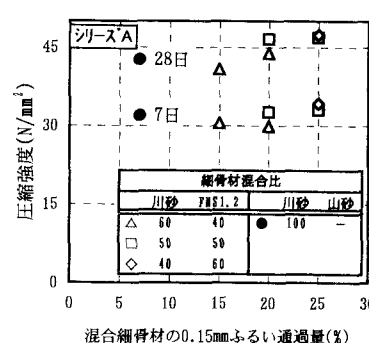


図 2 圧縮強度

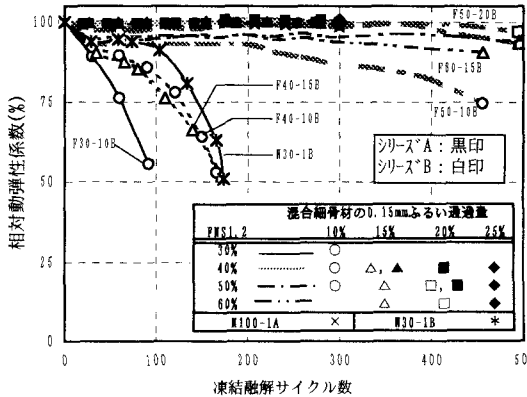


図 3 相対動弾性係数の経時変化

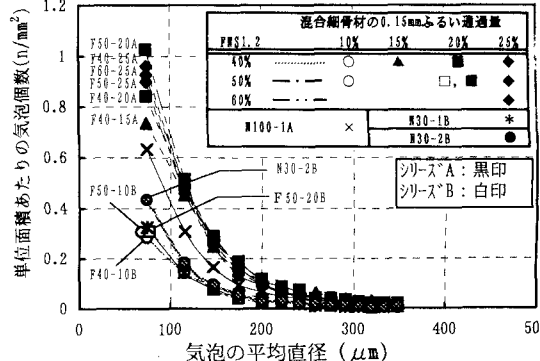


図 4 気泡径分布

表 4 気泡間隔係数および空気量

シリーズ	配合名	FNS1.2 (%)	混和剤	気泡間隔係数 (L, μm)	空気量 (%)	
					フレッシュ	硬化
A	F40-15A	40	4.0A	181	5.5	7.8
	F40-20A	40	4.0A	177	5.1	6.0
	F40-25A	40	3.5A	177	4.0	4.6
	F50-20A	50	3.5A	169	4.1	6.2
	F50-25A	50	3.5A	176	3.5	5.2
	F60-25A	60	3.5A	181	3.5	4.3
	M100-1A	—	2.0A	213	3.5	3.4
B	F30-10B	30	3.5T	240	4.1	3.7
	F40-10B	40	3.5T	283	5.0	3.2
	F50-10B	50	3.0T	286	5.1	2.8
	F50-20B	50	1.5T	284	5.3	2.5
	M30-1B	—	4.0T	280	4.2	2.7

注) T: 消泡剤 (1%溶液をセメント1kgあたり2cc使用時を1T)
A: AE減水剤 (1%溶液をセメント1kgあたり1cc使用時を1A)