

低品質の細骨材を用いたコンクリートの凍害に関する研究

○正員 東北大学 加藤 鎌之
正員 東北大学 三浦 尚
学生員 東北大学 広島 潔

1. まえがき

近年、東北地方では、良質の細骨材が不足してきており、今後、低品質の細骨材を実際に使用する機会が多くなっていくと思われる。そこで、本研究では、低品質の細骨材の有効利用として、良質の細骨材（ここでは、高品質の高炉スラグ水砕砂を使用）に低品質の細骨材を混合して、コンクリートに使用した場合を考え、その混合の割合によって、コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性がどのように変化するかを調べるとともに、一般に用いられている中程度の品質の細骨材を用いたものと比較し、低品質の細骨材を使用する際の一資料として検討するものである。

2. 使用材料

良質の細骨材として、高炉スラグ水砕砂（以下、スラグと呼ぶ）、低品質の細骨材として、秋田県北東部で採取した山砂（以下、低品質砂）、中程度の品質のものとして宮城県白石産川砂を使用した。

セメントは、普通ポルトランドセメント、粗骨材として宮城県丸森産砕石を使用。また、混和剤として、リグニンスルホン酸塩を主成分とする空気連行性減水剤を用いた。

3. コンクリートの配合および供試体

コンクリートの配合を表-2に示す。なお、細骨材の単位量は体積(ℓ)で表わしてある。スラグと低品質砂の混合割合は、体積比で決定し、その種類は5種類である。その詳細と、各混合割合の細骨材を用いたフレッシュコンクリートの空気量とスランプを表-3に示す。

実験に使用した供試体は10×10×40 cmの角柱供試体であり、養生方法は、打設から約24時間型ワク養生をおこなった後脱型し、20±3℃の恒温水槽で材令14日まで水中養生をおこなった。

4. 試験方法

凍結融解試験方法は、ASTM C290-67の「水中における急速凍結融解に対するコンクリート供試体の抵抗試験方法」に準じたものであり、試験装置の概略はおおよそ図-1のとおりである。供試体のたわみ・共振周波数と重量は30サイクルごとに測定をおこない、それぞれのサイクルにおける相対動弾性係数、および重量減少率を求めた。測定は、それぞれの供試体の相対動弾性係数が60%以下になるか、または300サイクルに達するまでおこなった。なお、相対動弾性係数は次式で計算される。

$$P_c = (n_i^2 / n^2) \times 100 \quad (\%) \quad \text{ここに、} P_c: \text{相対動弾性係数} (\%), \quad n: \text{凍結融解0サイ}$$

表-1. 細骨材の試験成績

種類	比重	吸水率 (%)	洗い (%)	単位体積重量 (kg/ℓ)	実積率 (%)	安定性 (%)	有機不純物 (%)	モルタル圧縮強度 (%)	ふるい通過率 (%)							FM
水砕スラグ	2.80	1.12	5.7	1.78	64	1.1	合格	—	100	98	78	48	27	14	2.36	
秋田県北東部	2.34	5.52	1.2	1.41	64	5.9	合格	95	100	78	51	28	10	3	3.30	
宮城県白石	2.51	2.50	4.3	1.67	68	3.6	合格	—	100	79	47	23	5	1	3.49	

表-2. コンクリートの配合

粗骨材 最大径 (mm)	空気量 (%)	w/c (%)	s/a (%)	単位量 (kg)					混和剤 (cc)
				W	C	S(l)	G		
25	3±1	50	46	158	316	323	113	3160	

表-3. 使用細骨材の詳細

配合	A	B	C	D	E
スラグ:低品質砂	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
比重	2.80	2.69	2.57	2.46	2.34
吸水率	1.12%	2.05	3.08	4.23	5.52
フレッシュコンクリートの空気量	2.9%	3.7	3.5	4.0	3.7
スランプ	4.0cm	4.0	7.5	7.0	6.0

スラグ:低品質砂は体積比である

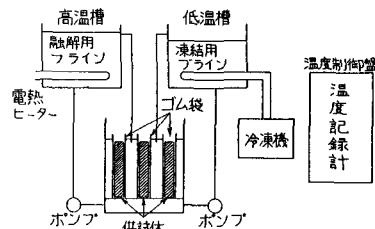


図-1. 凍結融解試験装置の概略

クルにおけるたわみ一次共振周波数(Hz)、 η_1 :凍結融解Cサイクル後のたわみ一次共振周波数(Hz)

また、各供試体の耐久性指数は(DF)次式で計算される。

$$DF = P \times N / M$$

ここに、DF:供試体の耐久性指数、P:Nサイクルにおける相対動弾性係数、N:Pが達した所定の試験を中断すべき最小サイクル数、または試験を終止すべき所定サイクル数、この両者のうち小なるもの。M:試験を終止すべき所定サイクル数。

5. 試験結果

表-4に相対動弾性係数試験結果を、図-2にそのグラフを示す。これらの結果は低品質砂の割合が大きいくほど凍結融解作用による劣化が大きかった。しかし、その劣化の程度は低品質砂の割合に比例するものではなかった。B～Eの供試体をそれぞれ、スラグのみを用いたAの供試体と比較すると、BはAを若干下回る程度、Cはおおよそ2割減、D・Eについては劣化が激しく、Aの4～5割程度であった。

表-5に重量減少率試験結果を、図-3にそのグラフを示す。これらの結果は、相対動弾性係数試験結果ほど明確なものではなかったが、やはり、低品質砂の割合が大きいくほど劣化が大きい傾向を示した。

これらの試験結果から、本実験で使用した細骨材の場合、スラグと低品質砂の混合比が100:0～75:25の範囲では、凍結融解作用に対してかなりの抵抗性が期待できるようである。また、75:25～50:50の範囲ではある程度の抵抗性の低下がみられた。しかし、50:50～25:75の範囲では、急激に抵抗性が低下する可能性があり、特に、25:75～0:100の範囲では良質の細骨材を混合することによる抵抗性の改善は期待できないものと思われる。

6. まとめ

本実験における細骨材においては、凍結融解作用に対する抵抗性が期待できる良質の細骨材(スラグ)と低品質の細骨材の混合割合の体積比は75:25程度までである。また、50:50程度までは、それ以下の割合と比較すればある程度低品質の細骨材を使用することができるようである。しかし、他の細骨材については未知であり、今後数多くの試験によって、細骨材の比重・吸水率・安定性など各種の値と、細骨材の混合による劣化の程度に対応がなされる必要があると思われる。なお、中程度の品質の細骨材を使用したコンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性と本実験の結果との比較は、当日発表の予定である。

表-4. 相対動弾性係数試験結果

配合	スラグ:低品質砂	0%の動弾性係数(%)	P _c										耐久性指数
			30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	
A	100:0	4.90×10^3	99	95	93	86	87	85	84	84	78	74	74
B	75:25	4.90×10^3	96	92	92	84	84	83	81	83	77	74	74
C	50:50	4.64×10^3	96	84	85	83	82	78	75	74	66	60	60
D	25:75	4.56×10^3	96	82	79	72	67	54	47	44	33	—	33
E	0:100	4.48×10^3	84	78	75	66	61	50	41	37	—	—	31

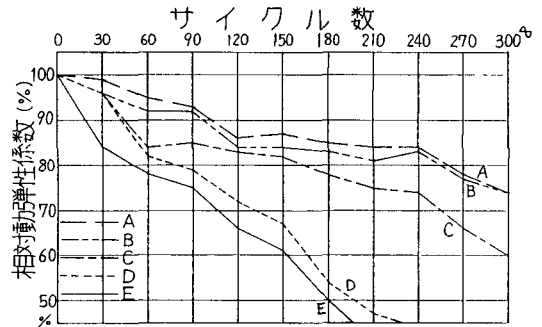


図-2. 相対動弾性係数試験結果

表-5. 重量減少率試験結果

配合	スラグ:低品質砂	0%の重量(kg)	重量減(%)									
			30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
A	100:0	10.394	0.020	0.10	0.24	0.47	1.12	1.46	1.77	1.99	2.22	2.49
B	75:25	10.163	0.080	0.21	0.41	0.67	0.89	1.09	1.27	1.47	1.67	2.09
C	50:50	10.067	0.030	0.78	1.18	1.44	1.65	1.84	2.24	2.45	2.79	3.08
D	25:75	9.950	0.190	0.57	0.82	1.02	1.38	1.62	1.89	2.15	2.57	3.00
E	0:100	9.862	0.10	0.31	0.57	0.82	1.09	1.58	2.56	2.88	3.32	3.85

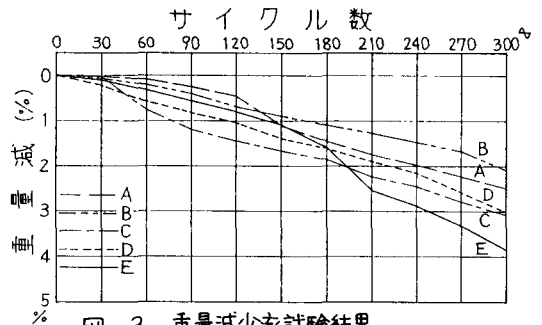


図-3. 重量減少率試験結果