

石炭灰人工骨材を用いたコンクリートの耐凍害性に関する研究 (その1 水中凍結融解試験による評価)

正会員 ○田畑雅幸*1 同 浜 幸雄*2 同 大楽隆男*3 同 和美廣喜*4
同 全 振煥*5 同 笠井 浩*5 同 藤木英一*6 会員外 富岡一則*7

石炭灰人工骨材 耐凍害性
水中凍結融解試験 養生条件

1. はじめに

近年、良質なコンクリート用天然骨材の枯渇化が問題となっている。一方、火力発電所から排出される石炭灰が将来的にも増する傾向にあり、最終処分場の確保も困難な状況になりつつある。著者らは、石炭灰の有効利用技術のひとつとして、石炭灰と頁岩を混合し、約 1100℃で溶解することにより軽量で高強度な人工骨材の製造技術を開発し、その骨材のコンクリートへの適用性を検討している。

一般に、軽量骨材は吸水率が高く耐凍害性に劣るといわれているが、実構造物での凍害劣化が必ずしも多いわけではない。現在わが国では JIS A 1148-2001 A 法による試験でコンクリートの耐凍害性を評価するのが一般的であるが、この試験は 4 週水中養生した供試体を常時水中で凍結融解を繰り返すもので、供試体が乾燥を受けることがなく、実際の構造物の条件と比べて著しく厳しい条件である。このため、実際の環境条件との対応性が疑問視されており、より現実的な条件での耐凍害性の評価方法が検討されており、JIS A 1148 および ASTM C330 でも人工軽量骨材への適用を考慮した場合には凍結融解試験開始までの養生条件を変更できることになっている。また、RILEM では 2001 年に新しい凍結融解試験方法として CIF 法が提案されている。

本研究では、実環境下でのコンクリートの耐凍害性を適切に評価できるような試験条件を検討するために、試験開始までの養生条件を変化させた砕石コンクリートと石炭灰人工骨材コンクリートを用いて、JIS A 1148-2001A 法と RILEM CIF 法のふたつの凍結融解試験を行い、凍害劣化に及ぼす乾燥条件、吸水性状などの影響について検討した。本報では、JIS A 1148-2001 A 法 (水中凍結融解試験) による耐凍害性の評価結果について報告する。

2. 実験計画および方法

実験計画を表 1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント ($\rho=3.16$) を用い、細骨材は白糠コイトイ産陸砂、粗骨材は尾幌産砕石および石炭灰人工骨材を用いた。骨材の物理性状を表 2 に示す。また、化学混和剤として W/C=55% および 45% では AE 減水剤標準形を、W/C=35% では高性能 AE 減水剤標準形を用い、AE 助剤によって所定の空気量に調整した。混練は二軸強制練りミキサを用い、練り上がり性状として、スランブまたはスランブフロー、空気量、単位容積質量、練り上がり温度を測定した。コンクリートの調合を表

表 1 実験計画表

粗骨材種類	W/C (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	試験項目
砕石	55	18±2.5	4.5±1.0	圧縮強度試験 水中凍結融解試験
	45			
石炭灰人工骨材	35	550±50*	3.0±1.0	RILEM CIF試験

*: スランブフロー値 (mm)

表 2 骨材の物理試験結果

骨材種別	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	粗粒率	
細骨材	2.62	2.59	1.44	1.71	66.2	2.47	
粗骨材	尾幌産砕石	2.69	2.66	1.27	1.57	59.0	6.75
	石炭灰人工骨材	1.58	1.41	12.3	0.903*	—	6.33

*: 絶乾単位容積質量

表 3 コンクリートの調合

記号	粗骨材	W/C (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積 (l/m ³)			混和剤 (c×%)	
					セメント	細骨材	粗骨材	SP	AE
J-55	石炭灰人工骨材	55	44.9	174	100	306	375	0.8	0
J-45		45	44.9	174	122	296	363	1	0
J-35		35	44.9	170	154	291	356	0.8	0.001
G-55	砕石	55	44.9	180	104	301	370	1.2	0.002
G-45		45	44.9	180	127	291	357	1.2	0.002
G-35		35	44.9	176	159	285	350	1.0	0.0015

表 4 練り上がり性状と圧縮強度

記号	フレッシュコンクリートの性状				圧縮強度 (N/mm ²)		
	練り温 (°C)	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/l)	20°C水中	20°C封緘	20°C封緘
J-55	22.0	20.0	5.9(4.6)**	1.891	29.8	29.3	35.3
J-45	22.8	18.5	5.8(4.5)**	1.902	37.9	40.9	46.5
J-35	23.7	495×493*	5.6(4.3)**	1.939	58.5	58.7	65.6
G-55	20.5	19.5	4.0	2.302	30.4	29.8	34.6
G-45	19.0	17.5	4.1	2.326	44.4	40.3	46.7
G-35	19.5	585×580*	2.7	2.384	69.0	67.7	74.4

*: スランブフロー (mm)

** : () 内は骨材修正係数補正後の空気量

表 5 凍結融解試験条件

凍結融解試験方法	凍結融解開始までの養生条件
水中凍結融解試験 (JIS A 1148 A法)	4週水中養生 (標準)
	4週封緘養生
	4週封緘養生+20°C・2週乾燥
	4週封緘養生+50°C・2週乾燥

3に、練り上がり性状と圧縮強度試験結果を表 4 に示す。

水中凍結融解試験は、JIS A 1148-2001A 法に準じて、7.5×7.5×40cm の梁型供試体を用いて、最高温度 5°C、最低温度 -18°C で 1 日 6 サイクルの凍結融解を 300 サイクルまで繰り返し、質量変化、長さ変化、相対動弾性係数を測定した。なお、凍結融解試験開始までの養生条件を表 5 に示す 4 条件とした。

Study on Frost Resistance of Concrete using Coal Ash Artificial Aggregate
(Part I Evaluation by Freezing and Thawing Test in Water)

TABATA Masayuki, HAMA Yukio, TAIRAKU Takao, WAMI Hiroki, JEON Jin-Hwan, KASAI Hiroshi, FUJIKI Eiichi, TOMIOKA Kazunori

3. 結果および考察

石炭灰人工骨材コンクリートの水中凍結融解試験結果を図1および図2に示す。凍結融解開始までの養生条件により凍害劣化の進み方が大きく異なり、劣化の程度は水中養生>封緘養生>20℃乾燥≧50℃乾燥の順となっている。また、水セメント比による差は、養生条件による差ほど大きくなく、55%>45%>35%の順に劣化している。標準条件の4週水中養生では試験開始直後から劣化が始まり、数10サイクルで大きく劣化し、100サイクルまでに全ての試験体は崩壊した。4週封緘養生では100サイクル前後までは緩やかに劣化し、その後水中養生と同様に急激に劣化し、200サイクル前後で全ての試験体が崩壊した。一方、封緘養生後に乾燥を加えたものは、W/C=55%で50℃乾燥の条件以外では300サイクル

終了までスケーリングは見られたものの、相対動弾性係数の低下は認められなかった。なお、凍結融解試験開始後に吸水により見かけ上、長さ変化と動弾性係数が増大している。

碎石コンクリートの水中凍結融解試験結果を図3および図4に示す。W/C=35%の封緘養生で50サイクル以降、20℃乾燥で100サイクル以降に相対動弾性係数の大幅な低下が見られ、100~150サイクルの段階で60%を下回った。その他のコンクリートでは養生方法によらず300サイクル終了時においても健全であった。

4. まとめ

水中凍結融解試験では、試験開始前の養生条件により結果として得られる耐凍害性が大きく異なっている。

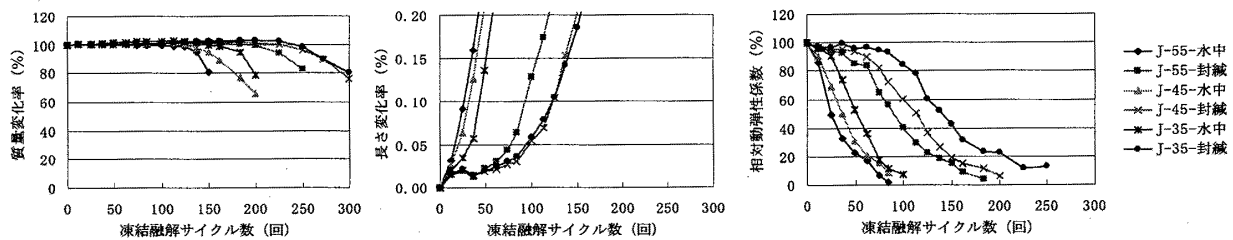


図1 石炭灰人工骨材コンクリートの水中凍結融解試験結果 (水中養生・封緘養生)

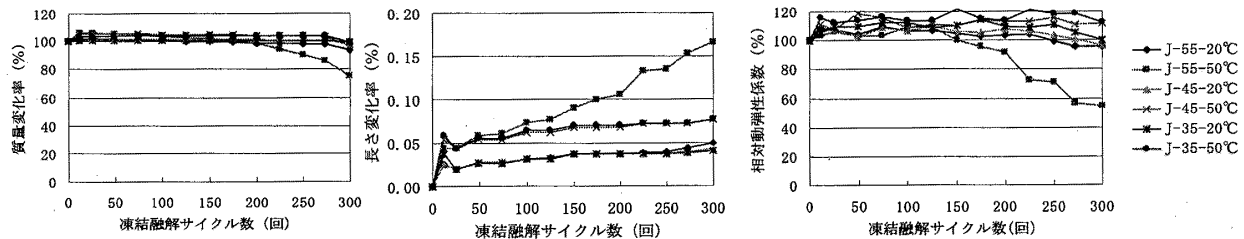


図2 石炭灰人工骨材コンクリートの水中凍結融解試験結果 (20℃乾燥・50℃乾燥)

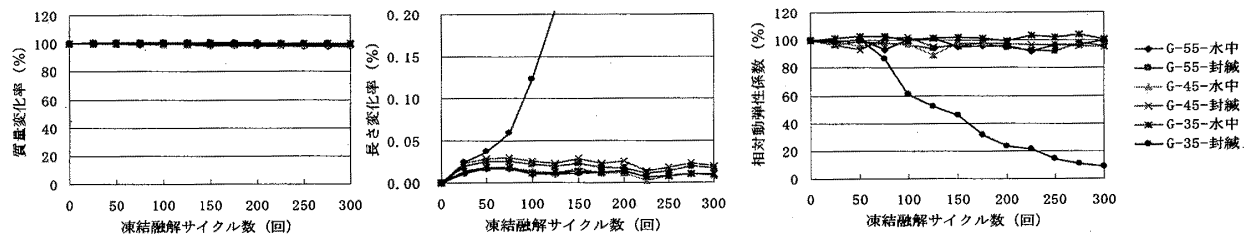


図3 碎石コンクリートの水中凍結融解試験結果 (水中養生・封緘養生)

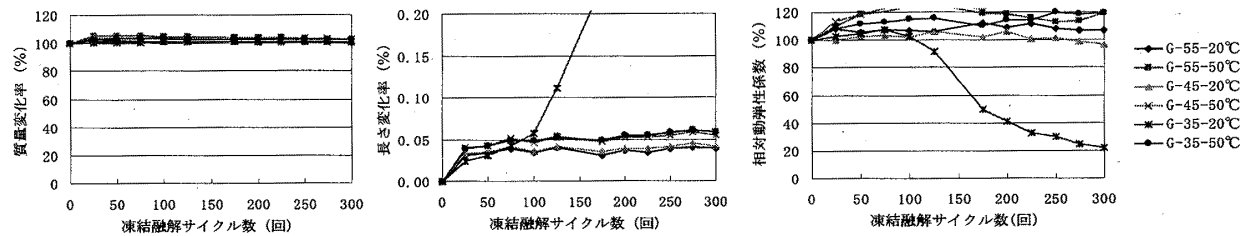


図4 碎石コンクリートの水中凍結融解試験結果 (20℃乾燥・50℃乾燥)

- | | | | |
|-----------------|--------------|--|------------------------------------|
| *1 北海道職業能力開発大学校 | *2 室蘭工業大学 | *1 Hokkaido Polytechnic College | *2 Muroran Institute of Technology |
| *3 釧路工業高等専門学校 | *4 高根大学 | *3 Kushiro National College of Tech. | *4 Shimane University |
| *5 日本メサライト工業 | *6 鹿島建設技術研究所 | *5 Kajima Technical Research Institute | *6 Nihon Mesalite Industry |
| *7 常磐共同火力 | | *7 Joban Joint Power | |