

論文

[1098] 乾燥・湿潤作用を受けたコンクリートの耐久性について

正会員 ○高橋 正行 (東北工業大学工学部)
 正会員 外門 正直 (東北工業大学工学部)
 正会員 志賀野吉雄 (東北工業大学工学部)

1, まえがき

本研究は、硬化コンクリートが春から秋まで受けた乾・湿燥返し作用が、冬期の凍結融解作用に対する抵抗性に影響を及ぼすであろう事を想定し、浸漬液に淡水及び海水を用いて乾・湿燥返しを受けたコンクリートの淡水及び海水中急速凍結融解試験 (JSCE-1986)等の実験を行い、乾・湿燥返しを受けたコンクリートの耐久性に関して検討を行ったものである。

2, 実験概要

2-1 使用材料及びコンクリートの配合

使用したセメントは、普通ポルトランドセメント (比重3.16)、細骨材は川砂 (比重2.52, 粗粒率3.17)、粗骨材は碎石 (比重2.87, 粗粒率7.01, 最大寸法25mm)である。また混和剤として AE 剤ヴィンソルを用いて AE コンクリートとした。コンクリートの配合は、表-1 に示す。

表-1 コンクリートの配合

試験条件	W/C (%)	s/a (%)	Air の範囲 (%)	スランプの範囲 (cm)	単 位 量 (kg/m ³)				測 定 値		
					W	C	S	G	Air (%)	スランプ (cm)	練り上がり温度 (°C)
淡水中急速凍結融解試験	55	38	4.0 ± 0.5	8 ± 1	175	318	655	1217	4.2	8.0	22.0
海水中急速凍結融解試験									4.0	7.0	21.0

2-2 供試体及び実験方法

供試体は10×10×40cmの角柱供試体とした。材令2日まで恒温恒湿室 (20±2 °C, 95±5 %RH) で養生した後脱型し、ただちに乾・湿燥返し (50±2 °C, 10%RH以下で24時間乾燥した後、20±2 °Cの淡水または海水に24時間浸漬する工程を1サイクルとする) を行った。乾燥終了後及び浸漬終了時に供試体のたわみ一次共鳴振動数と質量を測定した。

乾・湿燥返を10, 30, 50及び70サイクル行った後淡水及び海水中における急速凍結融解試験 (JSCE-1986) を行った。急速凍結融解試験においては30サイクル毎にたわみ一次共鳴振動数と質量を測定した。

比較のため、脱型後、淡水および海水にそれぞれ材令20日, 60日, 100日および140日まで浸漬したままの供試体について、浸漬中のたわみ一次共鳴振動数および質量変化率を調べるとともに、浸漬終了後急速凍結融解試験 (淡水中及び海水中) を行った。(以後、脱型後淡水及び海水中に連続浸漬したものについてこれらを「養生供試体」と呼ぶ。)

3, 実験結果

3-1 乾・湿繰返し試験

図-1は、乾・湿繰返し試験における供試体のたわみ一次共鳴振動数の変化を示したものである。同じ材令で測定した養生供試体のたわみ一次共鳴振動数に比べ乾・湿繰返しを受けた場合には、たわみ一次共鳴振動数の増加が少なく、特に淡水中浸漬乾燥繰返しの場合に大きい影響があらわれている。

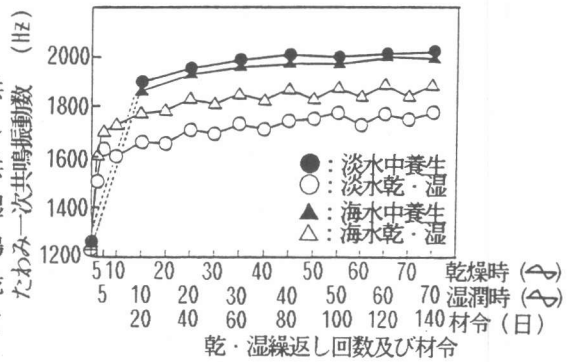


図-1 乾・湿繰返し回数及び材令とたわみ一次共鳴振動数の関係

図-2は、乾・湿繰返し試験における供試体の質量変化率を示したものである。淡水、海水いずれの場合も、乾湿繰返し回数が多くなるに従って湿潤時と乾燥時の質量差が小さくなる傾向が見られるが、淡水の方が海水より湿潤時と乾燥時の質量差が大きくなっている。

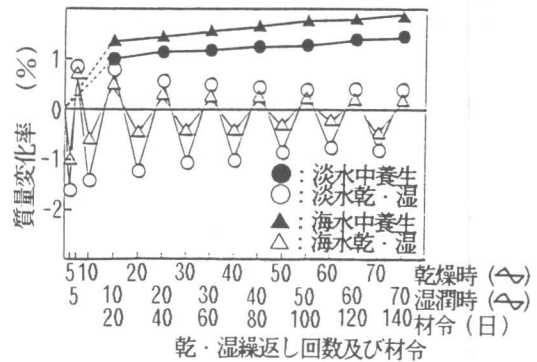
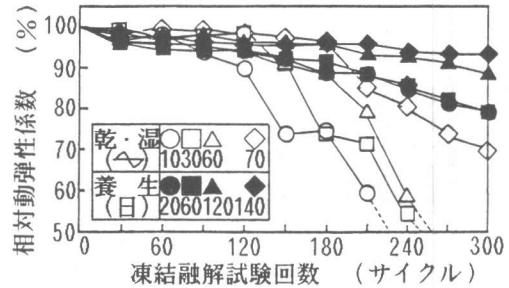


図-2 乾・湿繰返し回数及び材令と質量変化率の関係

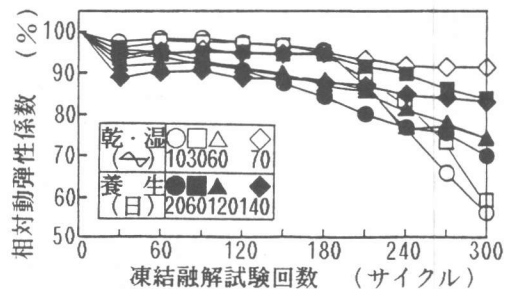
3-2 淡水中凍結融解試験

図-3は、乾・湿繰返し後の淡水中凍結融解試験における相対動弾性係数の経時変化を示したものである。図-3-a)より、浸漬液に淡水を用いた場合、乾・湿繰返しは養生供試体に比べて相対動弾性係数の減少が著しかった。また図-3-b)より、浸漬液に海水を用いた場合、乾・湿繰返し10, 30サイクルを除いて相対動弾性係数の著しい減少は認められなかった。



a) 浸漬液: 淡水

図-4は、乾・湿繰返し後の淡水中凍結融解試験における質量減少率の経時変化を示したものである。図-4-a)より、浸漬液に淡水を用いた場合、乾・湿繰返し回数が少ないほど質量減少率の増加が大きいことが認められる。また、図-4-b)より、浸漬液に海水を用いた場合、養生(材令20日を除く)供試体は乾・湿繰返しを行った供試体に比べて質量減少率の増加が著しいことが認められる。



b) 浸漬液: 海水

3-3 海水中凍結融解試験

図-5は、乾・湿繰返し後の海水中凍結融解試験における相対動弾性係数の経時変化を示したものである。図-5-a)より、浸漬液に淡

図-3 淡水中凍結融解試験における相対動弾性係数の経時変化

水を用いた場合、乾・湿繰返し、養生供試体とも相対動弾性係数の減少が大きい。一方、図-5-a)より、浸漬液に海水を用いた場合、養生が乾・湿繰返し供試体に比べて相対動弾性係数の減少が大きいことが認められる。

図-6は、乾・湿繰返し後の海水中凍結融解試験における質量減少率の経時変化を示したものである。図-6-a, b)より、浸漬液に淡水を用いた場合の乾・湿繰返し、養生供試体の質量減少率は浸漬液に海水を用いた場合のそれより大きく、さらに養生が乾・湿繰返し供試体に比べて質量減少率が大きいことが認められる。なお、浸漬液に海水を用いた場合、乾・湿繰返しによる質量減少率はほとんど変化しないにもかかわらず、養生した供試体のそれは著しい増加がみられた。

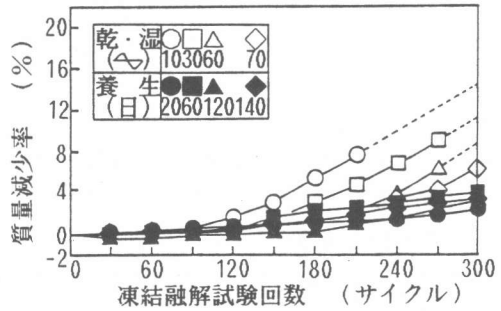
4. 考察

従来から、乾・湿繰返し作用、海水の作用は、コンクリートの耐久性を低下させると言われている。本実験においては、それらの過去の文献による実験データ^{1, 2, 3)}もあわせて比較検討を行った。

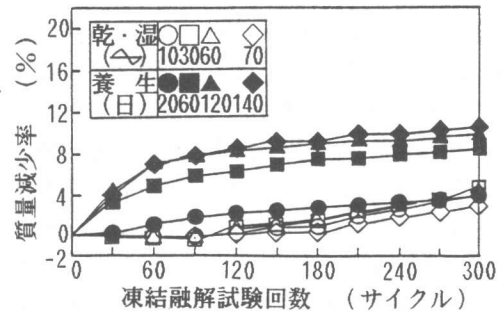
図-7は、淡水及び海水中凍結融解試験における耐久性指数を示したものである。図-7-a)より、淡水中凍結融解試験においては、養生したものが乾・湿繰返ししたものに比べて耐久性があることが認められる。特に淡水で乾・湿繰返しした場合、凍結融解抵抗性が小さいことが認められるが、海水で乾・湿繰返ししたものに関してはその限りでないことが認められた。図-7-b)より、海水中凍結融解試験において、海水で乾・湿繰返ししたものは凍結融解抵抗性が大きいことが認められた。

目視観察においては、淡水及び海水中凍結融解試験とも淡水及び海水中養生、淡水による乾・湿繰返しは全体的表面剥離であるのに対し、海水による乾・湿繰返しはポップアウトが発生した部分の局部的劣化が観察された。

従来より、海水中の塩化マグネシウム・硫酸

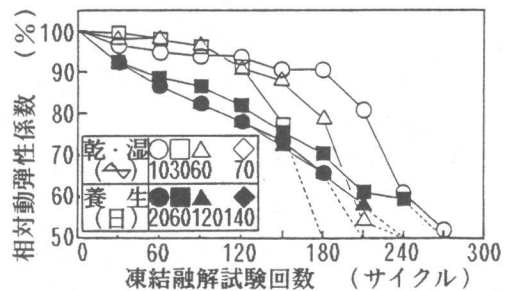


a) 浸漬液：淡水

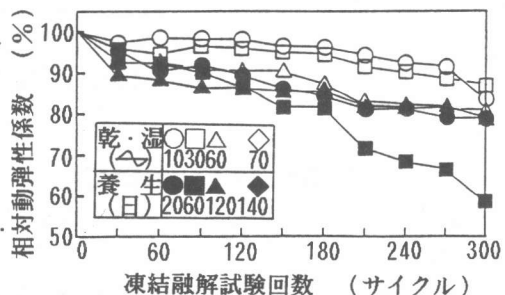


b) 浸漬液：海水

図-4 淡水中凍結融解試験における質量減少率の経時変化



a) 浸漬液：淡水

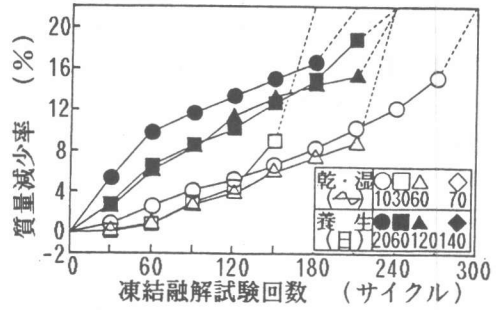


b) 浸漬液：海水

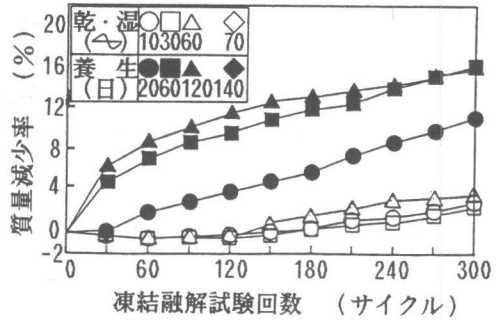
図-5 淡水中凍結融解試験における相対動弾性係数の経時変化

マグネシウム・重碳酸アンチモンなどによってコンクリートが化学的に害を受ける（塩化マグネシウムは、コンクリート中の石灰と化合して塩化石灰となり、水に溶ける。また、アルミナ酸石灰及び水酸化石灰と海水中の硫酸塩とが反応してエトリンガイトを作り、膨張してコンクリートの組織を破壊する）ということや、乾湿繰返しによるひびわれ発生など、海水や乾湿繰返しはコンクリートの耐久性を低下させると言われているが、本研究においては必ずしもその様にならなかった。

淡水中凍結融解試験において淡水で乾・湿繰返ししたものに比べて海水で乾湿繰返ししたものが耐久的であった原因として、海水中の成分と反応して生成したマグネシウム水酸化物や石膏が乾・湿によって発生したひび割れ部分や微細空げきに沈澱することによってコンクリート中へ水の浸透性が小さくなった（水の浸透性に関しては図-2を参照）ためと考える。海水中凍結融解試験において、海水で乾湿繰返ししたものが他のものに比べて著しく耐久的であった原因については現在調査中である。



a) 浸漬液：淡水

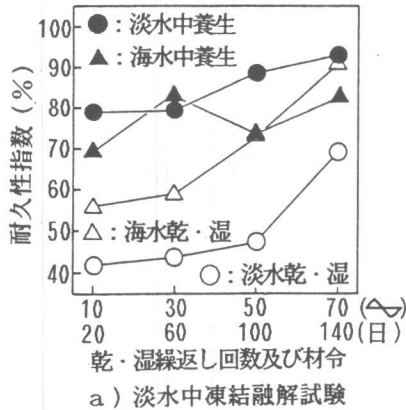


b) 浸漬液：海水

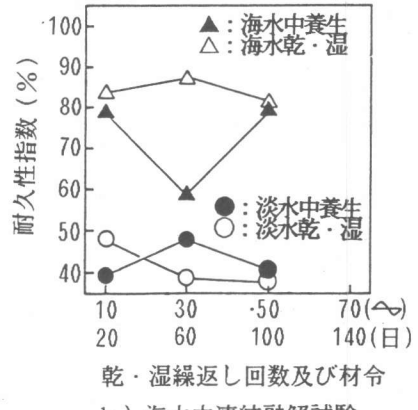
図-6 淡水中凍結融解試験における質量減少率の経時変化

5. まとめ

以上の実験結果より、若い材令で激しい乾・湿繰返しを受けるとコンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性に少なからぬ悪影響のあることが認められ



a) 淡水中凍結融解試験



b) 海水中凍結融解試験

図-7 耐久性指数

た。しかし、限られた条件下での試験であり、海水による乾湿繰返しのようにより予想外に影響の小さい結果の出ているものもあり、今後、研究を続ける必要があると考えられる。

(参考文献)

- 1) 加藤直樹、加藤清志：コンクリートの乾湿潤作用による耐久性劣化とその対策、土木学会第42回年次学術講演会講演概要第5部、昭和62.9、470～471
- 2) A. M. Neville: Properties of Concrete