

貝殻を用いたポーラスコンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究

Study on freeze-thaw resistance of porous concrete with scallop shell

独立行政法人北海道開発土木研究所 正会員 ○小尾 稔(Minoru OBI)
独立行政法人北海道開発土木研究所 正会員 田口史雄(Fumio TAGUCHI)

1. まえがき

産業廃棄物として排出されるホタテ貝殻（以下；貝殻）は、年間約 20 万 t にのぼっている。このため有効利用を図るために近年様々な研究、実用開発が行われているものの、大部分は再利用に至らず堆積、埋立て処理されている状況にある。本研究は、この貝殻の一層の利用促進を図ることを目的に、貝殻を粗骨材としてポーラスコンクリート（以下；POC）に利用するための検討を行ったものである。貝殻は碎石に比べて扁平であるため、POC 内部の空隙構造が碎石を使用した場合と異なり、凍結融解時における水分の移動等の挙動が異なるため耐久性に対し影響を及ぼすことが想定された。このことから本研究では、寒冷地において問題となる耐凍害性について、貝殻を用いた POC と碎石を用いた POC とを比較し、考察を行ったものである。

2. 試験概要

本研究でのセメントは、普通ポルトランドセメント（密度 3.16）を用いた。細骨材は苫小牧錦岡産（粗粒率 2.85）を使用した。碎石は小樽市見晴産を使用した。貝殻は粗骨材として使用するため、ボイル、粉碎後 300～400℃で 15～20 分乾燥させ、異物、臭いの除去を行った後粒度調整された市販品を使用した。貝殻の密度は粒径によって異なり 2.56～2.65 である。また、水銀圧入法により貝殻の細孔径分布を測定した。

試験において、貝殻のみを粗骨材として使用するほかに、圧縮強度および空隙率を改善する目的で碎石と混合した配合を設定した。骨材の実積率試験は JIS A 1104 に従って行った。表-1 にコンクリートの配合を示す。

POC 供試体の締め固めは、表面振動機（振動数 43.3Hz）を用い、すべての供試体に対し条件を一定とした。空隙率試験は、JCI の委員会報告書¹⁾に従って行った。圧縮強度試験は JIS A 1108 に従って材令 28 日で行った。

POC の凍結融解抵抗性に対する試験は、使用される水分環境条件を考慮して行う必要があるが、本研究では排水が十分にされないような条件下で凍結融解を繰り返すような厳しい凍結融解環境下に POC が用いられる場合を想定し、凍結融解試験は、JIS A 1148 の A 法に従って行った。そして 300 サイクルもしくは 3 本 1 組の供試体のうち 2 本が折れ、測定不能になった時点で試験を終了した。

3. 試験結果

図-1 に空隙率と圧縮強度の関係を示す。貝殻を 100% 用いた POC は、碎石を混合した配合に比べやや圧縮強度

が小さい傾向を示した。

図-2 に本研究で使用した貝殻の水銀圧入法による細孔径分布測定結果を示す。本研究に使用した貝殻はふるい分け処理済みであるが、5-10mm など粒径が小さい範囲は小型の貝殻、または貝殻の縁の薄い部分が多く集まり、15-25mm など粒径が大きいものは貝殻の厚みがある部位が多く集まるため、貝殻の粒径によって細孔径分布が異なるものと考えられた。しかし、図において

表-1 コンクリートの配合

番号	粗骨材粒径 (mm)		混合比率 (%)		s/a (%)	w/c (%)	単位量(kg/m ³)				
	普通	貝殻	普通	貝殻			W	C	S	G	貝殻
1	5-10									1477	
2	10-15	-	100	-	-				-	?	-
3	15-20									1515	
4	10-15	10-15	30	70	20		64	277	277	328	765
5			70	30		23	?	?	299	832	357
6					-		88	385			1083
7	-	5-10	-	100	5				73	-	?
8					10				154		1203
9		10-15			20				276		

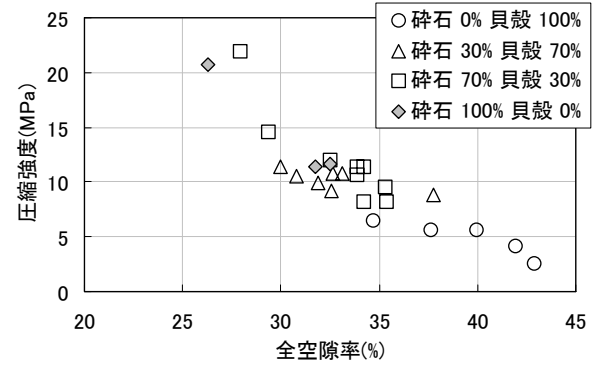


図-1 空隙率と圧縮強度

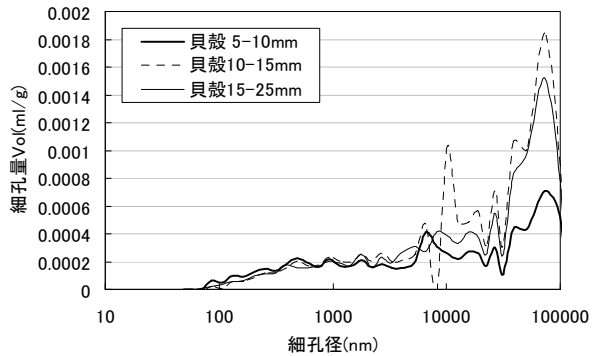


図-2 貝殻の細孔径分布

10000nm 以上の粒径範囲において細孔量に差がみられるが、粒径による大小関係ははっきりしなかった。貝殻中の細孔構造とセメント硬化体中の細孔構造は異なるものと考えられ、図-2の結果から耐凍害性の評価を直接行うことは難しいが、細孔の絶対量がセメント硬化体に比べ小さいことから、本研究の範囲では貝殻内部の空隙が凍結融解抵抗性に影響を及ぼさないものと考えられる。

図-3に粗骨材の種類、粒径が異なる場合の凍結融解試験結果を示す。貝殻を用いた POC は貝殻の径が小さいほど相対動弾性係数が高めに推移し耐凍害性が高い傾向を示している。この傾向は筆者らが過去に碎石を用いた POC に対して得た結果²⁾と同様である。また、碎石に比べ貝殻を用いた場合は、空隙率が大きいにもかかわらず耐凍害性が高い傾向を示している。

図-4に貝殻と碎石との混合比率が異なる場合の凍結融解試験結果を示す。碎石を100%用いた供試体は50サイクルを越えた時点で破壊したものの貝殻を混合した供試体は300サイクルまで供試体は破壊せず、また貝殻の混合比率が高いほど相対動弾性係数が高く推移し耐凍害性が高い傾向を示している。

図-5 貝殻径 5-10mm に砂を配合した場合の凍結融解試験結果を示す。細骨材率が高いほど相対動弾性係数の低下が著しい。筆者ら³⁾の過去の試験では、砂を配合しても凍結融解抵抗性に差が見られなかったが、本結果は、径が比較的小さい貝殻に砂を配合することにより、貝殻に付着するモルタルが薄くなり貝殻間の結合力が低下したことが原因と考えられる。

写真-2に供試体を切断し内部の空隙構造を確認した例を示す。写真では、貝殻の混合比率の違いによって空隙の形状が異なり、耐凍害性の高い方の貝殻100%の場合は針状の空隙が多く分布し、碎石70%の場合は円形の空隙が多く分布している。本研究において貝殻の混合比率が高いほど POC の耐凍害性が向上したのは、このような空隙の形状などの違いが影響したと考えられるが、今後この原因について詳細に調査する必要がある。

4. まとめ

本研究で得られた結果は以下の通りである。

- (1) 貝殻の細孔量は少ないため、貝殻内部の空隙が凍結融解抵抗性に影響を及ぼさないものと考えられる。
- (2) 貝殻を用いた POC は碎石を用いた POC と同様に径が小さいほど耐凍害性が高く、また碎石に比べ貝殻を用いた方の耐凍害性が高い傾向を示した。
- (3) 貝殻を用いた POC は、貝殻の混合比率が高いほど相対動弾性係数が高く推移し耐凍害性が向上するものと考えられる。
- (4) 貝殻を用いた POC の耐凍害性が向上したのは、空隙の形状などの違いが影響したと考えられるが、今後この原因について詳細に調査する必要がある。

参考文献

- 1) 社団法人日本コンクリート工学協会；ポラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書，2003.5
- 2) 小尾稔，田口史雄；ポラスコンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究，土木学会年次学術講演会講演概要集，5-367，2002.9

要集，5-367，2002.9

- 3) 小尾稔，田口史雄；耐凍害性を考慮したポラスコンクリートの配合の検討，第47回北海道開発局技術研究発表会，環-47，2004.2

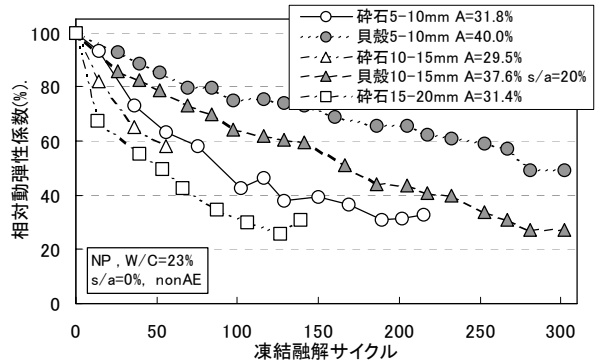


図-3 粗骨材径と相対動弾性係数

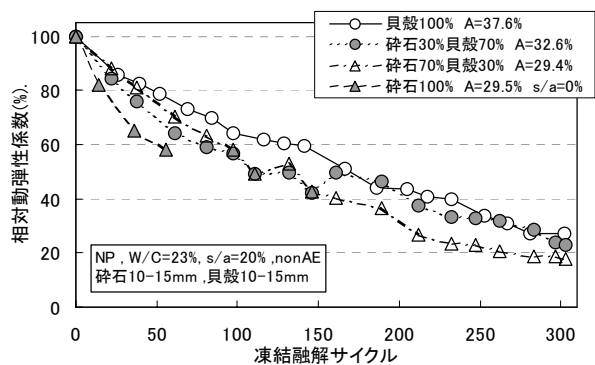


図-4 粗骨材の混合比率と相対動弾性係数

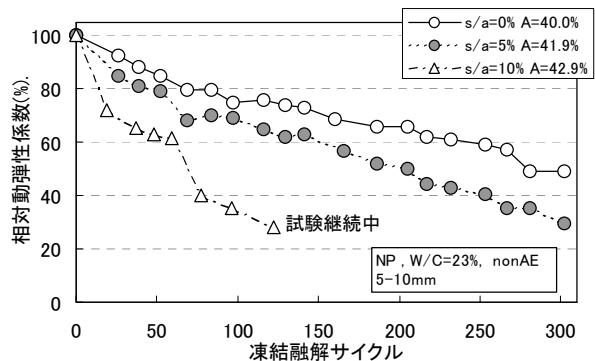
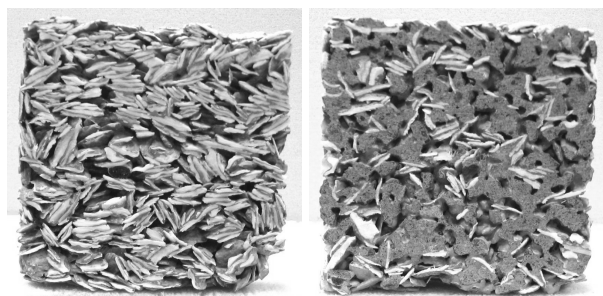


図-5 細骨材率と相対動弾性係数



貝殻 5-10mm 100%

空隙率 40.0%

貝殻5-10mm 30% 碎石5-10mm 70%

空隙率 34.2%

写真-2 切断供試体の内部空隙例