

ホタテ貝殻を骨材として用いたポーラスコンクリートについて

Properties of Porous Concrete using Scallop Shell as Aggregate.

室蘭工業大学大学院 環境創生工学系専攻 ○学生員 坂内佳祐 (Keisuke Bannai)
室蘭工業大学大学院 工学研究科 正員 菅田紀之 (Noriyuki Sugata)

1. はじめに

現在、全国で年間約 52 万トンのホタテ貝が水揚げされている。水揚げされたホタテ貝は殻つきのまま商品化されることもあるが、ほとんどは貝殻を取り除き商品化されている。これに伴い年間約 21~25 万トンのホタテ貝殻が廃棄され、処分に関する問題が発生している。その対応策としてホタテ貝殻のリサイクル方法の研究開発が進められている。しかしながら約半数の貝殻が有効利用されずに野積みで放置されているのが現状であり、これを解決するために、ホタテ貝殻の新たなリサイクル方法を確立する必要がある。

そこで本研究では、ホタテ貝殻の有効利用を目的として、ポーラスコンクリート用骨材の代替材として利用することを考え、混合骨材の実績率、ペースト部の流動特性、空隙率、圧縮強度、透水性、保水性、について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

ポーラスコンクリートの製造に使用した材料を表-1に示す。結合材として普通ポルトランドセメント(C)およびシリカフェーム(SF)。混和剤(SP)としてポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を用いた。また、骨材(G)として 5 号砕石(粒径 13~20mm)を用い、ホタテ貝殻(SS)は骨材の代替材として粒径を 15mm 以下に砕いたものを用いた。

配合を表-2に示す。水結合材比を 25%とし、シリカフェーム置換率を 10%、目標空隙率を 20%、また、ホタテ貝殻については砕石に対する置換率を 0%、25%、50%、75%、100%として変化させた。セメントペースト(モルタル)部の目標フロー値は 170mm として設定した。ただし、ホタテ貝殻置換率 75%および 100%では目標フロー値に届かなかったため 140mm とした。

2.2 供試体の作製方法

水平二軸強制練ミキサーを用いて、骨材およびホタテ貝殻、セメント、シリカフェームの順に入れ空練りを 1 分してから水と混和剤を入れた後、4 分間練り混ぜた。練りあがったポーラスコンクリートを直径 100mm、高さ 200mm の円柱型枠につめ、卓上バイブレーターで振動締固めを行った。

2.3 フロー試験

本研究では配合を決定するために、セメントペーストあるいはモルタル部のフロー試験を行った。ホタテ貝殻を含むものについては、2.5mm 以下のものがモルタル部を構成すると考え混合した。

2.4 骨材の実績率試験

本研究では、砕石とホタテ貝殻混合骨材の実績率試験を行った。試験は、JIS 規格である棒突き法と振動締固め法の 2 種類の方法で行った。振動締固め法は、規定のモールドを用い各層 10 秒間ずつ 3 層で、合計 30 秒締固めを行った。

2.5 空隙率試験

空隙率試験は、直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を用いて、ポーラスコンクリートの設計・施工方法の確立に関する研究委員会による空隙率試験方法(案)¹⁾の容積法に基づき試験を行った。

2.6 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を用いて行った。養生は材齢 2 日間まで 20℃の封緘状態で、それ以降は 20℃の水中養生とした。試験は各配合 5 本の供試体で行い、試験材齢は 28 日のみの試験とした。また、供試体の端面処理は研磨機を用いて行い、その後、表面を石膏でキャッピングし荷重を載荷した。

2.7 透水試験

透水係数は直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を用いて、ポーラスコンクリート設計・施工法の確立に関する研究委員会によるポーラスコンクリート透水試験方法(案)²⁾に基づき定水位法により求めた。

2.8 保水試験

保水率試験は、直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を用いて、インターロッキングブロック舗装技術協会のインターロッキングブロック舗装施工要領³⁾に基づき試験を行った。

表-1 使用材料

使用材料	性質等
セメント (C)	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16g/cm ³
シリカフェーム (SF)	密度: 2.2g/cm ³ 比表面積: 200000 g/cm ³
粗骨材 (G)	5号砕石 表乾密度: 2.67g/cm ³
ホタテ貝殻 (SS)	表乾密度: 2.61g/cm ³ 粒径 15mm 以下
高性能 AE 減水剤 (SP)	ポリカルボン酸系

表-2 配合

SS-G (%)	W/B (%)	SF/B (%)	ホタテ貝殻置換率(%)	単位量(kg/m ³)					
				W	C	SF	G	SS	SP
0-100	25	10	0	119.9	432	48.0	1354	0	2.88
25-75			25	103.1	371	41.3	1091	364	2.47
50-50			50	98.20	354	39.3	739	739	2.36
75-25			75	109.7	395	43.9	349	1047	2.63
100-0			100	128.9	464	51.6	0	1266	3.09

3. 実験結果および考察

3.1 フローと試験結果

図-1～図-4にホタテ貝殻置換率ごとのフローとSP添加率の関係を示す。ホタテ貝殻置換率が増加するほど、フローが減少する傾向が見られた。この理由としては、ホタテ貝殻表面が吸水する性質を備えており、ホタテ貝殻置換率が増加するほど吸水量が増加するため、流動性が減少していくと考えられる。次に各図を考察していくと、ホタテ貝殻置換率0%ではSPの添加率が増加するほど、フローが増加していることがわかる。ホタテ貝殻置換率25%においても0%と同様の傾向が見られた。ホタテ貝殻置換率50%ではSPの添加率が増加するほどフローの増加率が減少し、ホタテ貝殻置換率75%ではSPの添加率が4%を超えるとフローが増加しなかった。この理由としては、SPが流動性に働く作用の限界点を過ぎてしまったためであると考えられる。ホタテ貝殻置換率100%の場合についてはセメントとシリカフェーム、水、ホタテ貝殻の割合が75%とほぼ等しかったため試験は割愛した。以上の結果から、目標フロー値となるSP添加率としてホタテ貝殻置換率0%から順に0.6%、0.7%、2.4%と決定し、ホタテ貝殻置換率75%および100%についてはフローが最大となった4%とした。

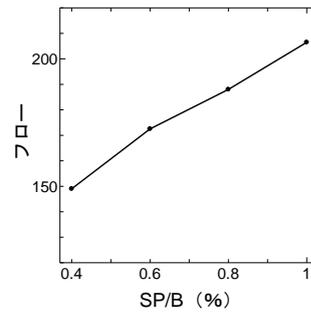


図-1 貝殻置換率0%

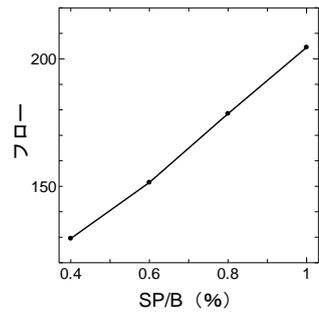


図-2 貝殻置換率25%

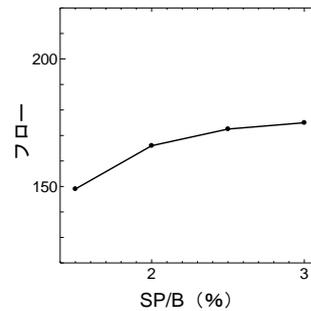


図-3 貝殻置換率50%

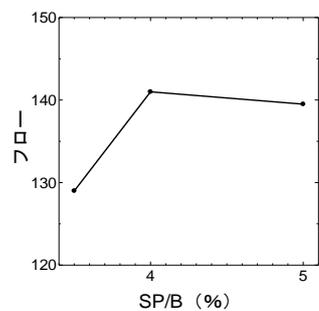


図-4 貝殻置換率75%

3.2 実積率試験結果

図-5にホタテ貝殻置換率と実積率の関係を示す。棒突き法の場合と、振動締固め法の場合を比べると振動締固め法の場合が棒突き法の場合よりも実積率が大きくなる傾向が見られた。この理由としては、棒突き法に比べて振動締固め法ではより密につきやすいためであると考えられる。さらにこの図を考察すると、棒突き法の場合で0%から25%まで、振動締固め法の場合で0%から50%までホタテ貝殻置換率が増加するほど実積率が増加した。この理由としては、粒径の異なる砕石とホタテ貝殻を混ぜることで砕石間の空隙をホタテ貝殻が埋めたことで実積率が増加したと考えられる。しかし棒突き法の場合でホタテ貝殻置換率25%、振動締固め法の場合でホタテ貝殻置換率50%を境にして減少する傾向が見られた。これはホタテ貝殻の形状が扁平であるため、締固め時に方向性を持ち部分的に密になるが、その密な部分同士の境目において大きな空隙ができるからであると考えられる。以上の結果に基づき配合における骨材量を決定した。ただし、練り上がりポーラスコンクリート中の骨材量は実積率の9割程度になることより、振動締固め法による実積率の約9割を骨材の絶対容積として採用した。

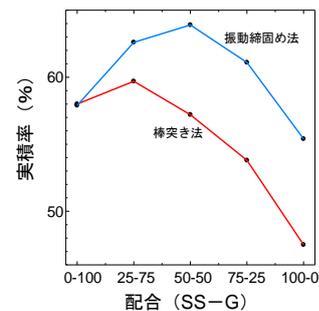


図-5 貝殻置換率と実積率の関係

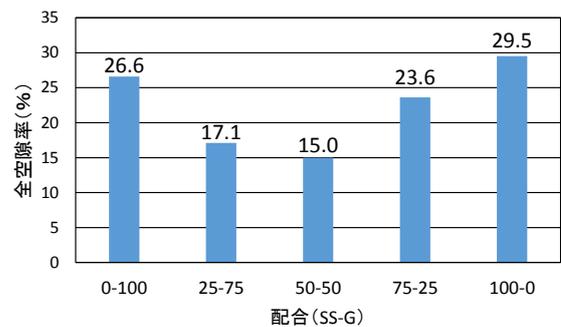


図-6 貝殻置換率と全空隙率の関係

3.3 空隙率試験結果

図-6にホタテ貝殻置換率と全空隙率の関係を示す。目標空隙率 20%に対して、ホタテ貝殻置換率 0%、75%、100%では空隙率が大きくなった。一方、25%および50%では空隙率が小さくなった。この理由としては、ホタテ貝殻置換率 0%、75%、および 100%では、練混ぜ締固め作業における骨材の締固まりの程度が想定よりも低くなったことによるものと考えられる。また、ホタテ貝殻置換率 25%および 50%においては、碎石間の空隙を埋める効果がより高く現れ、締固まりの程度が想定よりも高くなったものと考えられる。

3.4 圧縮強度試験結果

図-7にホタテ貝殻置換率と圧縮強度の関係を示す。ホタテ貝殻置換率 0%に対して、ホタテ貝殻置換率 25%、50%では圧縮強度が大きくなった。一方、75%および 100%では圧縮強度が小さくなった。圧縮強度には空隙の影響が大きく現れるため、図-8に全空隙率と圧縮強度の関係を示す。一般に空隙率の増加に伴い圧縮強度は小さくなる。全体的な傾向として空隙率が大きくなるほど圧縮強度が小さくなるのがわかる。ただし、25%では大きな結果、50%および 75%では小さな結果となっている。50%および 75%で小さくなった理由としては、ホタテ貝殻表面が滑らかであり、セメントペーストが付着しづらいことと、もう一つはホタテ貝殻置換率が増加すると貝殻同士で重なり合い、間にセメントペーストが入りづらくなり付着が弱くなったためであると考えられる。

3.5 透水試験結果

図-9にホタテ貝殻置換率と透水係数の関係を示す。ホタテ貝殻置換率が 0%のみ 5.61 と一般的なポーラスコンクリートに近い値となったが、ホタテ貝殻を混入したものについては低い値となった。この理由としては、ホタテ貝殻が内部で方向性を持ち、軸方向に対して垂直な方向に平行に重なるようになったため、内部の閉塞傾向が強くなり、透水係数が減少したのではないかと考えられる。

3.6 保水試験結果

図-10にホタテ貝殻置換率と保水量の関係を示す。ホタテ貝殻置換率 0%に対して、ホタテ貝殻置換率 25%では保水量が減少した。一方、50%、75%および 100%では保水量が増大した。この理由としては、透水係数試験結果にもある通り、ホタテ貝殻が内部で方向性を持ち、軸方向に対して垂直な方向に平行に重なるようになったため、ホタテ貝殻置換率が増加するほど、底面または側面が閉塞傾向になり排水されにくく、保水量が増加したと考えられる。

4. まとめ

本研究をまとめると以下のようになる。

- 1) ホタテ貝殻置換率が変わると締固まりの程度が変化する。
- 2) 空隙率が大きいほど圧縮強度が小さくなる。
- 3) ホタテ貝殻を混入したものは透水係数が小さくなる。
- 4) ホタテ貝殻を混入したものは保水量が大きくなる。

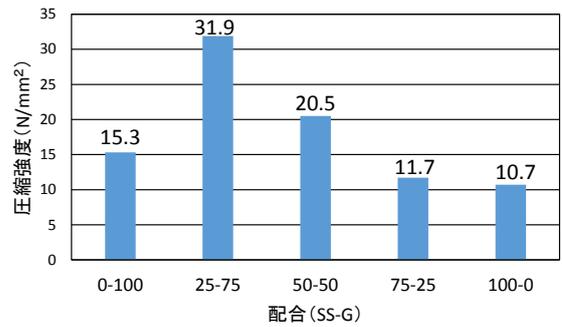


図-7 貝殻置換率と圧縮強度の関係

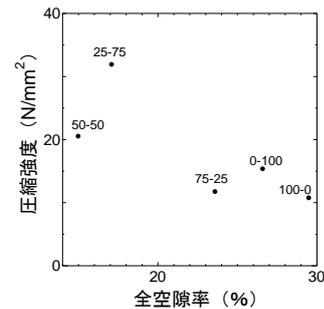


図-8 全空隙率と圧縮強度の関係

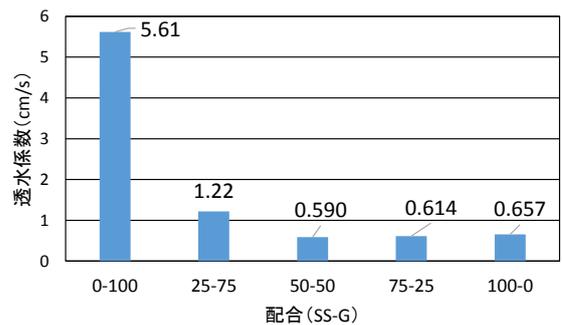


図-9 貝殻置換率と透水係数の関係

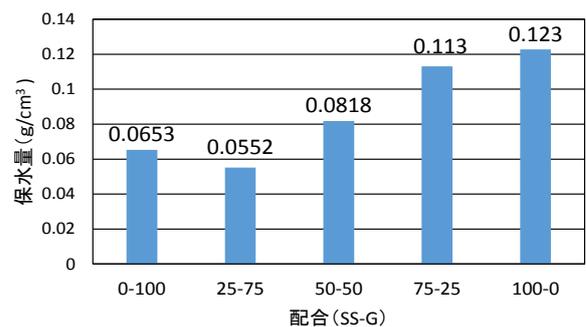


図-10 貝殻置換率と保水量の関係

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：JCI 規準集(1977~2002年度)、コンクリート工学協会、pp.578-581、2004。
- 2) 日本コンクリート工学協会：JCI 規準集(1977~2002年度)、コンクリート工学協会、pp.582-586、2004。
- 3) インターロッキングブロック舗装技術協会：インターロッキングブロック舗装設計施工要領、p.付 25、2007。