

平成 21 年 6 月 9 日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19760307  
 研究課題名（和文） 牡蠣殻を骨材として利用したポーラスコンクリートの植栽能力に関する研究  
 研究課題名（英文） STUDY ON GREENING PROPERTIES OF POROUS CONCRETE WITH OYSTER SHELL AGGREGATE  
 研究代表者  
 堀口 至 (HORIGUCHI ITARU)  
 呉工業高等専門学校・環境都市工学科・助教  
 研究者番号：90353317

研究成果の概要：牡蠣殻ポーラスコンクリート(Oy-PoC)の圧縮強度は砕石ポーラスコンクリートよりも低く、透水性については牡蠣殻骨材の方向性、すなわち異方性の影響が見られた。また、Oy-PoC の圧縮強度は水セメント比の影響をほとんど受けないことから、ペースト強度に依存しないことが分かった。Oy-PoC の植生基盤材料への適用は可能であり、覆土や充填材に牡蠣殻片を利用できることが分かった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,300,000	0	2,300,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	240,000	3,340,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：ポーラスコンクリート、牡蠣殻、圧縮強度、透水係数、空隙率、植栽能力

## 1. 研究開始当初の背景

牡蠣は「海のミルク」と呼ばれ、アミノ酸やビタミン、ミネラルなどを含んだ非常に栄養価が高い食材である。牡蠣の生産は日本各地で行われているが、特に広島県は全国有数の産地と知られ、むき身で約 20,000 トンと全国のおよそ 5 割が生産されている。しかし、一方では副産物として牡蠣殻が大量に産出され、その処理に関する問題、例えば保管場所からの異臭や景観への悪影響などが顕在化している。広島県では牡蠣殻が約 100,000 トン発生しており、再生利用方法として牡蠣

殻より飼料や肥料を製造して販売を行っているが、まだその絶対量は少なく更なる用途の拡大が必要である。

産業副産物の大量消費方法の一つとして、粉碎した牡蠣殻のコンクリート材料としての利用が考えられるが、粗骨材として用いるには牡蠣殻自体の強度が砕石と比較して小さすぎるため、コンクリート強度の低下が懸念される。細骨材としての利用は少量の混入では問題ないが、多量に用いることによって粗骨材と同様にコンクリート強度が低下する恐れがある。また強度以外の問題で、ワー

カブルなコンクリートを製造するためには牡蠣殻の形状が扁平なため、碎石を利用したコンクリートと比較してペースト量が増大し、その結果、耐久性の低下やコストの増大が生じるのは明らかである。

一方、近年、コンクリート内部に空隙を造りやすくするために、粒径をそろえた粗骨材をペーストまたはモルタルで結合したポーラスコンクリートの研究が盛んである。ポーラスコンクリートはコンクリート内部に連続空隙を有するため非常に高い透水性を持ち、護岸材料や透水性舗装材料などに使用される。また、ポーラスコンクリートは比較的高い強度を必要とされないため、粗骨材に再生骨材や廃プラスチックなどの廃棄物利用に関する研究も行われている。

## 2. 研究の目的

本研究では資源の有効利用の観点から、牡蠣殻をポーラスコンクリート粗骨材として用いた。牡蠣殻を粗骨材として用いたポーラスコンクリート(以下、OyPoC)は、その強度が低いと予想されることから、強度をあまり必要とされない植生基盤材料への適用を目指した。以上のことから、本研究では、Oy-PoC の基礎特性の把握ならびに植栽能力について明らかにすることを研究目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 牡蠣殻骨材の基礎特性

試験に使用した牡蠣殻は広島県呉市にある牡蠣殻堆積場より採取して、塩分などの不純物を取り除くためにまず水洗いを行った。その後木槌または貝殻破砕機により牡蠣殻を粉砕して、粒径が5~20mmになるようにふるい分けを行って牡蠣殻骨材とした。牡蠣殻骨材の基礎特性を明らかにするために、密度、吸水率などについて試験を行い、その結果を粒径13~20mmの5号碎石と比較した。

### (2) 牡蠣殻ポーラスコンクリートの基礎特性

#### ①基礎特性に及ぼす空隙率の影響

Oy-PoCの水セメント比(W/C)は25%一定として、ペースト粗骨材容積比(P/G)を10~90%の範囲で変化させて空隙率の調整を行った。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、混和剤としてポリカルボン酸系の高性能減水剤を用いた。本研究のポーラスコンクリート作製は、セメントペーストを先に練り混ぜてからペーストと骨材を練り混ぜるという方法で行った。ただし、セメントペーストはフロー値が165±10mmとなるように混和剤添加量で調整を行い、牡蠣殻骨材は表乾状態のものを用いた。本研究では基礎特

性試験として、空隙率、透水、圧縮強度試験の3種類の試験を行い、その試験結果を碎石ポーラスコンクリート(N-PoC)と比較した。

#### ②基礎特性に及ぼす異方性の影響

牡蠣殻骨材は碎石と異なり扁平な形状をしているため、型枠底面に沿って配向され層状に重なり合う傾向を示す。そこで、縦打ちおよび横打ち型枠を用いて円柱軸方向と打設方向を変化させ、基礎特性に及ぼす異方性の影響を検討した。作製した供試体はφ100×200mmの円柱供試体であるが、横打ち型枠を用いた場合、試料投入口が狭く、加えて外部からの振動締め固めしか出来ないため、供試体の打設面両端に欠損部が見られた。そこで養生終了後、異方性の影響を検討する供試体は、コンクリートカッターで高さ100mmとなるように両端を切り落とした。

#### ③圧縮強度に及ぼすW/Cの影響

W/Cの影響を検討する供試体は、P/Gの範囲を10~30%として、セメント水比が4~6になるようにW/Cを16.7~25%の範囲で変化させた。

### (3) 牡蠣殻ポーラスコンクリートの植栽能力

#### ①芝の成長に及ぼす供試体の影響

本研究ではOy-PoCの植栽能力を検討するために植栽試験を行った。試験にはφ100×100mmの円柱供試体を用い、市販のプランターの中に直径100mmの穴を開けた発泡スチロールを入れ、その穴の中に供試体をはめ込んだ。1体の供試体に対して0.5gの西洋芝の種子(ケンタッキーブルーグラス)を直接供試体に蒔き、10mm厚の覆土を設けた。ただし、覆土には目土と呼ばれる芝の生育に使用する土を使用している。供試体を入れたプランターは本校校舎の屋上に設置し、毎日1回水遣りを行った。週に1度、供試体1体につき無作為に選んだ10本の芝の長さを測定し、その平均値を草丈とした。また約3ヶ月の試験期間終了後、供試体を壊して芝を取り出し、根長を測定した。試験にはOy-PoC、N-PoC、目土の3種類の供試体を用いた。

#### ②芝の成長に及ぼす牡蠣殻片の影響

植栽試験はほぼ①と同様であるが、1体の供試体に対して1gの西洋芝の種子を覆土に混ぜ、覆土厚を20mmとした。また、保水性を高めるために供試体には充填材を注入している。なお、覆土と充填材は、牡蠣殻骨材作製時にできる粒径5mm以下の牡蠣殻片と、芝の育成に使用する目土の2種類を用いた。

表 1 牡蠣殻骨材の基礎特性

		牡蠣殻骨材	5号砕石
粒径	(mm)	5~20	13~20
表乾密度	(g/cm <sup>3</sup> )	1.89	2.65
絶乾密度		1.50	2.63
吸水率	(%)	26.1	0.83
実績率	(%)	42.3	58.8
10%破砕荷重	(%)	29.5	349.1

ただし、覆土に用いた牡蠣殻片と目土はふるい分けにより粒径 0.6~5mm の範囲のものとし、0.6 mm 以下のものは充填材として使用した。水遣り間隔は週に 2 回または 1 回として、週に 1 度、供試体 1 体につき無作為に選んだ 10 本の芝の長さを測定し、その平均値を草丈とした。また約 2 ヶ月の試験期間終了後、供試体を壊して芝を取り出し根長を測定した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 牡蠣殻骨材の基礎特性

表-1 に牡蠣殻骨材の基礎特性を示す。表中に 5号砕石の基礎特性も併せて記載しているが、密度や吸水率の値から牡蠣殻骨材が砕石と比較して非常に多孔質であることが分かる。そのため牡蠣殻骨材自体の強度がかなり低く、骨材強度の指標である 10%破砕荷重は砕石の 1/10 以下の値となった。また、牡蠣殻骨材は 5号砕石よりも広い範囲の粒径としたが、扁平な形をしていることから砕石よりも低い実績率となった。

##### (2) 牡蠣殻ポーラスコンクリートの基礎特性

###### ①基礎特性に及ぼす空隙率の影響

図-1 に Oy-PoC および N-PoC の全空隙率と圧縮強度の関係を示す。図より、全空隙率の増加に伴い Oy-PoC の圧縮強度は低下し、N-PoC と比較して同一空隙率に対する圧縮強度は小さいことが分かる。図-2 に Oy-PoC および N-PoC の連続空隙率と圧縮強度の関係を示す。図より、連続空隙率の増加に伴い Oy-PoC の透水係数は増大し、N-PoC と比較して同一空隙率に対する透水係数は小さいことが分かる。圧縮強度の低下については骨材強度の違い、透水係数の低下については骨材形状による空隙構造の違いが影響を及ぼしたと考えられる。

###### ②基礎特性に及ぼす異方性の影響

図-3 に Oy-PoC の基礎特性に及ぼす異方性の影響を示す。図より、Oy-PoC の圧縮強度に対しては異方性の影響は見られなかった

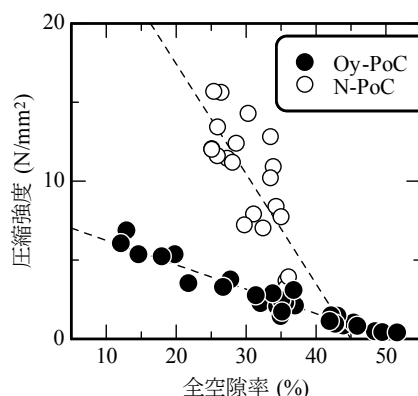


図-1 全空隙率と圧縮強度の関係

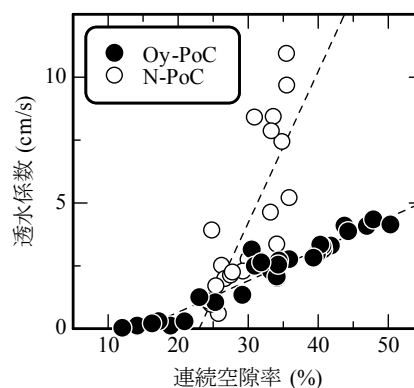


図-2 連続空隙率と透水係数の関係

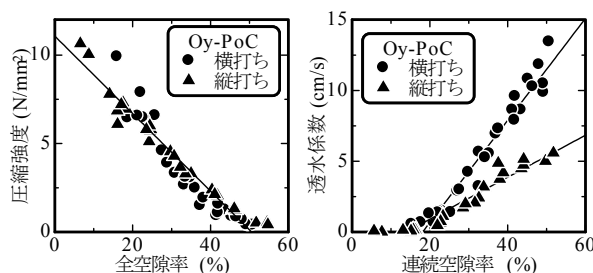


図-3 基礎特性に及ぼす異方性の影響

が、透水性では横打ち型枠を用いた横打ち供試体の方が、縦打ち型枠を用いた縦打ち供試体よりも透水性が高くなる傾向を示した。球形に近い形状の砕石と違って、牡蠣殻骨材は扁平な形状をしている。そのため使用型枠によって牡蠣殻骨材が層を成す方向は変化し、横打ち供試体は円柱軸方向と平行に、縦打ち供試体は垂直になる。本研究で行った透水試験の透水方向は、円柱軸方向に平行である。その結果、横打ち Oy-PoC は縦打ちの場合と比較して、水が透過しやすい空隙構造となり、約 2 倍の透水性の差が生じている。

###### ③圧縮強度に及ぼす W/C の影響

図-4 に Oy-PoC の圧縮強度に及ぼす W/C

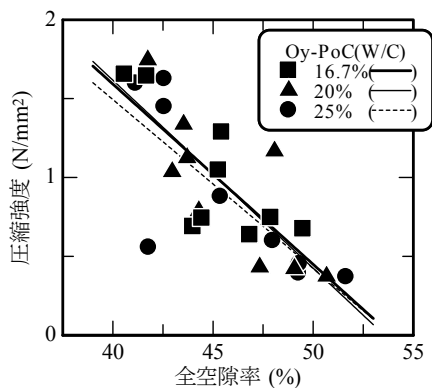


図-4 圧縮強度に及ぼす W/C の影響

の影響を示す。図より、多少データのバラつきはあるが、W/C が小さくなる、すなわちペースト強度が高くなっても Oy-PoC の圧縮強度は変化しないことが分かる。一般的な碎石ポーラスコンクリートは、骨材接点間のペースト部から破壊するため、ペースト強度を高くすればコンクリート自体の圧縮強度も高くなる。しかし牡蠣殻骨材の骨材強度は、碎石と比較して 1/10 以下と極端に低い。そのため Oy-PoC の破壊は牡蠣殻骨材から生じ、ペースト強度を高くしてもポーラスコンクリート自体の圧縮強度はあまり影響を受けないと言える。

### (3) 牡蠣殻ポーラスコンクリートの植栽能力 ①芝の成長に及ぼす供試体の影響

図-5 に芝の成長に及ぼす供試体の影響を示す。図より、草丈の経時変化には若干のばらつきが見られるがどの供試体でもほぼ同じ長さであり、緑化基盤としての Oy-PoC の適用が可能であることが分かった。しかし、根長を確認したところ供試体が目土の根長では 90mm と最も長くなり、Oy-PoC、N-PoC の根長は目土の 1/2 以下の 40mm となった。この原因の一つとして、本研究の植栽試験における水遣り間隔が短すぎたことが挙げられる。植栽試験を行った期間が平成 19 年 11 月～20 年 2 月のあまり気温が高くない時季であったが、毎日本水遣りを行ったことで覆土中に芝の成長に必要な水分が蓄積され、根をポーラスコンクリート空隙内まで深く伸ばす必要性が無くなり根長が短くなったと推察される。

### ②芝の成長に及ぼす牡蠣殻片の影響

図-6 に芝の成長に及ぼす牡蠣殻片の影響を示す。図より、覆土と充填材に牡蠣殻片を利用した場合、目土を利用した場合よりも試験開始 20 日までは芝の成長が劣っているが、最終的な草丈は両者ともほぼ同じであるこ

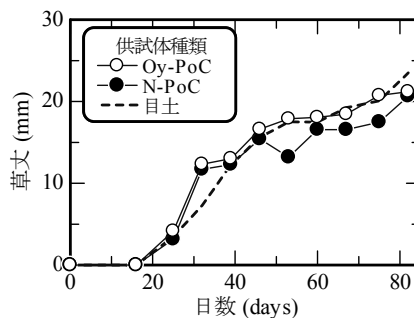


図-5 芝の成長に及ぼす供試体の影響

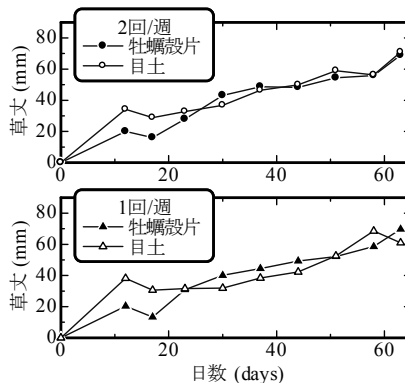


図-6 芝の成長に及ぼす牡蠣殻片の影響

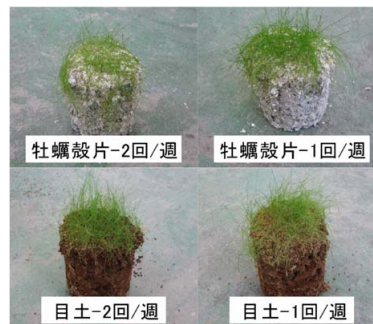


図-7 植栽試験終了後供試体

とが分かる。また、週 2 回と 1 回の水遣り間隔の違いは見られなかった。図-7 に植栽試験終了後の供試体を示すが、供試体により大きな差異は確認できない。一方、芝の根長は草丈ほどの成長が見られず、全ての供試体においてポーラスコンクリート空隙内まで深く根が伸長していなかった。以上より、牡蠣殻骨材作製時にできる牡蠣殻片を、植生基盤材料の覆土や充填材に利用することが可能であると言えるが、芝の根をポーラスコンクリート空隙内に伸長させるためには一考が必要である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

- ①堀口至、竹村和夫：牡蠣殻骨材を用いたポーラスコンクリートの基礎特性、セメント・コンクリート論文集、No.62、pp.538-543(2008)、査読有

〔学会発表〕(計4件)

- ①堀口至、竹村和夫、島津邦彦：牡蠣殻ポーラスコンクリートの緑化性能に関する基礎的実験、第63回年次学術講演会、2008.9、仙台市
- ②堀口至、竹村和夫：牡蠣殻ポーラスコンクリートの基礎特性に及ぼす異方性および水セメント比の影響、第63回セメント技術大会、2008.5、東京都
- ③島津邦彦、堀口至、竹村和夫：ポーラスコンクリートの基礎特性に及ぼす牡蠣殻骨材の影響、土木学会中国支部第60回研究発表会、2008.5、東広島市
- ④堀口至、竹村和夫：牡蠣殻骨材を用いたポーラスコンクリートの基礎特性、第62回セメント技術大会、2008.5、東京都

〔その他〕

- ①テクノマーケット出展  
広島市で開催された第1回中国地区高専テクノ・マーケットに「牡蠣殻を骨材として用いたポーラスコンクリートの開発」というタイトルでポスターセッションに出展した。2008.12
- ②国土建設フェア出展  
広島市で開催された国土建設フェア 2007にて「牡蠣殻をリサイクル ～コンクリート材料へ～」というタイトルで発表を行った。2007.11
- ③ラジオ出演  
NHKラジオ第一放送「ここはふるさと旅するラジオ」に出演して牡蠣殻ポーラスコンクリートの紹介を行った。2007.10

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

堀口 至 (HORIGUCHI ITARU)  
呉工業高等専門学校・環境都市工学科・助教  
研究者番号：90353317

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし