

論文 海洋小動物の棲息を考慮した海岸構造物材料としての ポーラスコンクリートに関する研究

伊良波繁雄*¹・富山潤*²・和仁屋晴謹*³・松原仁*⁴

要旨:最近コンクリート造海岸構造物でも自然保護の観点から、生物の棲息を考慮するために、ポーラスコンクリートを用いる研究が多い。沖縄県は日本列島の南西に位置し亜熱帯地域に属しているため、そこに棲息する海洋生物も独特な生物が多い。今回の研究はサンゴが繁茂する水質の良好な沖縄本島本部半島瀬底島海岸での継続中の実験及び今回新たに報告する水質の悪い環境（海底にヘドロが堆積する環境）でのポーラスコンクリートに付着棲息する小動物の調査について述べた。そして、環境の差によって付着生物がどのように変わるかを比較検討した。

キーワード:ポーラスコンクリート, 海岸構造物, 海洋生物, エココンクリート

1. はじめに

コンクリート構造物が自然の中に設置されると、その地点の生態系が変化し、一般的に生物の棲息を困難にする。最近では生態系との調和あるいは共存を図るエココンクリートに関する研究¹⁾も盛んになりつつあり、コンクリート造海岸構造物でも自然保護の観点から、周囲の海洋環境と調和させる必要性が強調されている。沖縄県は日本列島の南西に位置し亜熱帯地域に属しているため、砂浜はサンゴ質の砂で海岸の岩礁はサンゴ礁が隆起してできた石灰岩が多く、わが国でも特色のある自然を有している。このため、そこに棲息する海洋生物も独特な生物が多い。筆者らは海洋生物の生育空間として有効なポーラスコンクリートを海岸構造物に用いるための実験を行いその研究成果を報告した^{2), 3), 4)}。これらの研究ではポーラスコンクリートと海岸構造物材料としてよく用いられる普通コンクリート、岩石(主に石灰岩)も同時に設置し試験体に付着棲息する小動物の種類、総数等について比較検討した。今回はさんごが繁茂する水質の良好な沖縄本島本部半島瀬底島海岸での継続中の実験及び今回新たに

報告する水質の悪い環境（海底にヘドロが堆積する環境）でのポーラスコンクリートに付着棲息する小動物の調査について述べた。

2. 実験方法

実験シリーズは1996年試験体設置のNo.1と1997年設置のNo.2からなっている。実験シリーズNo.1はコンクリート用骨材として用いられる強度の高い本部産砕石(表-1)を使用し、表-3に示すような配合でポーラスコンクリート試験体(寸法 10cm×10cm×40cm)を作成した。実験シリーズNo.2は本部産砕石だけでなく道路の路盤材として用いられる強度の弱い琉球石灰岩砕石、コンクリート廃材から製造された再生骨材(表-1)を用いて実験を行った。その配合は表-4に示す。また、ポーラスコンクリートと比較用の普通コンクリートの配合は表-2に示した。

表-1 各粗骨材の表乾比重および吸水率

骨材名	表乾比重	吸水率 (%)
本部産石灰岩砕石 (実験シリーズ1)	2.75	0.29
本部産石灰岩砕石 (実験シリーズ2)	2.69	0.66
琉球石灰岩	2.48	4.87
再生骨材	2.37	5.95

*1 琉球大学助教授 工学部環境建設工学科 博士(工学) (正会員)

*2 琉球大学助手 工学部環境建設工学科 博士(工学) (正会員)

*3 琉球大学助教授 工学部環境建設工学科 (正会員)

*4 琉球大学大学院 理工学研究科環境建設工学専攻 (正会員)

表-2 普通コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)
		セメント	水	砕砂	海砂	粗骨材		
62	46.9	290	180	421	421	983	18	4.9

表-3 ポーラスコンクリートの配合、空隙率及び強度 (実験シリーズ No.1)

番号	骨材粒径範囲	単位量 (kg/m ³)			実測空隙率 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
		水	セメント	粗骨材			
1	5~10(mm)	189	539	1486	10	22.9	2.8
2		149	427	1499	17	11.8	1.8
3		43	123	1533	36	3.6	0.5
4	5~20(mm)	185	527	1451	12	21.0	2.2
5		151	432	1517	16	12.9	2.1
6		45	126	1580	34	4.0	0.6
7	10~20(mm)	176	504	1386	16	20.9	1.9
8		146	417	1462	19	14.5	1.8
9		41	117	1461	39	2.5	0.4

表-2の砕砂の比重は2.66, 吸水率は0.96%, 海砂の比重は2.60, 吸水率は1.86%で, 粗骨材の最大寸法は20mm, コンクリートの28日強度は31.1N/mm²である。実験シリーズ No.1 試験体については試験体製作後室内に1週間放置し, その後瀬底島の海岸に設置した。実験シリーズ No.2 試験体の瀬底島設置の試験体については試験体製作後2ヵ月半室内で放置し, その後瀬底島の海岸に設置した。実験シリーズ No.2 試験体の泡瀬海岸設置の試験体については試験体製作後3ヵ月半室内で放置し, その後泡瀬海岸の海岸に設置した。試験体設置場所はサンゴが繁殖する水質の良好な場所と海底にヘドロが堆積するような水質の悪い場所の2箇所で行った。水質の良好な場所での試験としては, 本部半島瀬底島の琉球大学熱帯海洋センターの海岸に実験シリーズ No.1 及び No.2 の試験体を設置し実験を行った。瀬底島の設置環境はサンゴが繁殖し大潮の干潮時でも水深は約50cm程度あり常時海中に没している(写真-1)。水質の悪い場所での試験としては, 家庭排水が流入し海底に臭気を発するヘドロが堆積する環境にある泡瀬海岸で実験シリーズ No.2 試験体を設置して実験を行った。泡瀬海岸の設

置場所は中城港湾内に在り, 大潮の干潮時には大気中に露出する(写真-2)。図-1には設置場所の瀬底島琉球大学熱帯海洋センター, 泡瀬海岸を示してある。

表-4 ポーラスコンクリートの配合、空隙率及び強度 (実験シリーズ No.2)

骨材種類	セメント種類	番号	骨材粒径範囲	単位量 (kg/m ³)			実測空隙率 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
				水	セメント	粗骨材			
本部産砕石	普通ポルトランドセメント(灰色)	1	5~10(mm)	187	532	1465	10	22.8	10.4
		2		154	455	1565	12	21.6	7.5
		3		47	132	1645	30	6.2	3.4
		4	5~20(mm)	162	461	1269	22	23.8	9.7
		5		133	387	1331	25	21.5	8.1
		6		43	121	1504	36	5.2	2.3
		7	10~20(mm)	168	479	1319	19	22	9.7
		8		143	418	1438	19	18.6	6.2
		9		43	123	1528	35	5.9	2.8
琉球石灰岩砕石	アサノホワイトセメント(白色)	10	5~10(mm)	173	510	1468	12	16	10.3
		11		144	426	1563	14	15.5	9.4
		12		40	119	1539	35	3.8	2.1
		13	5~20(mm)	163	480	1385	17	17.6	7.3
		14		127	376	1383	24	12.2	5.7
		15		38	113	1468	38	2.7	1.2
		16	10~20(mm)	151	446	1286	23	20.7	5.8
		17		122	362	1328	27	11.1	5.6
		18		38	112	1444	39	2.7	1.2
再生骨材	アサノホワイトセメント(白色)	19	5~10(mm)	150	445	1342	21	14.5	6.4
		20		132	401	1509	18	12.7	4.6
		21		37	111	1500	37	2.1	0.9
		22	5~20(mm)	164	484	1460	14	18.6	7.1
		23		129	391	1471	20	13.6	6.5
		24		39	113	1548	35	2.7	1.1
		25	10~20(mm)	162	479	1443	15	16.4	7.6
		26		129	391	1472	20	13.5	5.4
		27		37	107	1451	39	2.1	1



図-1 試験体設置場所



写真-1 瀬底島の海中での試験体設置状況



写真-2 泡瀬の海中での試験体設置状況



写真-3 小動物の採取

海洋小動物の採取は、海中の試験体を容器に入れて陸上まで運搬し、試験体を真水に浸し、ポーラスコンクリート内部から出てきた小動物および付着生物をピンセットで捕獲する方法で行った。また、容器内の小動物はガーゼで濾して採取した（写真-3）。採取した小動物は、生物図鑑により種類（等脚類，端脚類，エビ，カニ，貝類，魚類，ウニ，ゴカイ等）を判別し，種類ごとに個体数を数えた。

3. 実験結果および考察

ポーラスコンクリートは表-3、表-4 に示すように普通コンクリートとは異なり水，セメント，粗骨材で造られる。ポーラスコンクリートは空隙が大きいため小動物の棲息のためには良いが，強度の点からは弱点となる。このため，構造物本体を作るのは問題があると思われるが，構造物を被覆する材料として用いることは可能と思われる。

今回追加した新しいデータは実験シリーズ No.1 については瀬底島の 36 ヶ月目，実験シリーズ No.2 については瀬底島の 23 ヶ月目と泡瀬の全データである。以下，試験体の表面及び内部から採取した小動物について説明する。

3.1 瀬底島における海洋小動物の総数と空隙率

瀬底島の海中に設置した試験体から採取した海洋小動物の総数（試験体の単位表面積当たり）と試験体の空隙率の関係を実験シリーズ No.1 については図-2，実験シリーズ No.2 については図-3，図-4，図-5 に示す。これらの図で，生物数は調査した月，空隙率や骨材の種類によって変動しているので，図-2 の 1 ヶ月，3 ヶ月目のデータを除き，5 ヶ月から 36 ヶ月間の 4 回の調査日だけの生物数の平均値も示した。図-2 から図-5 で，棒グラフ上の括弧内の数値は生物数の平均値を示した。図-2 の実験シリーズ No.1 で試験体設置後 1 ヶ月目の小動物数は他の月と比較して少ない。また，3 ヶ月後と 36 ヶ月後の差は小さい，このため，コンクリート内アルカリの生物への影響は 3 ヶ月程度で小さくなると思われる。また，生物数の平均値で見ると普通コンクリートや岩石よりもポーラスコンクリートに棲息する生物数は多く，しかも空隙率が大きくなるにつれて生物数も増加する傾向にある。図-3，図-4，図-5 では，生物数の平均値で見ると普通コンクリートよりも岩石，ポーラスコンクリートに棲息する生物数は多い。しかし空隙率が大きくなっても生物数が増加する傾向は見られない。

沖縄県では水産資源としてシャコガイの養殖が行われているが，その養殖の方法はハマサンゴに水中ドリルで穴を開けて稚貝を固定する方法を用いている。今回の実験中の試験体にも写真-4 のように長さ

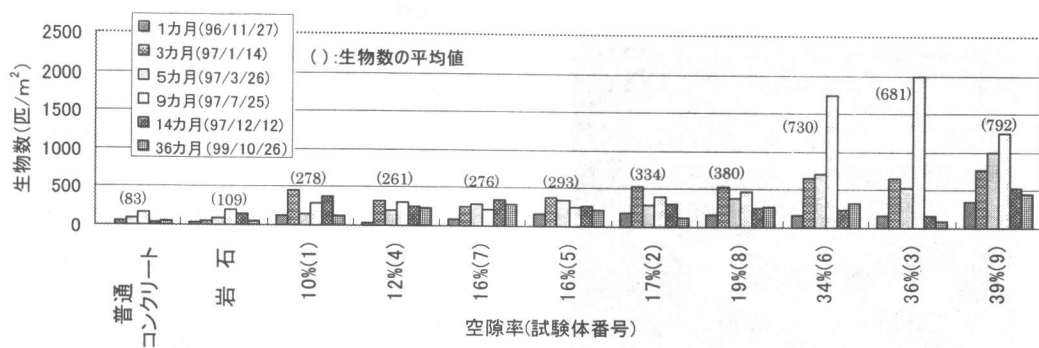


図-2 採取した小動物の総数 (実験シリーズ No.1, 瀬底海岸, 本部産砕石)

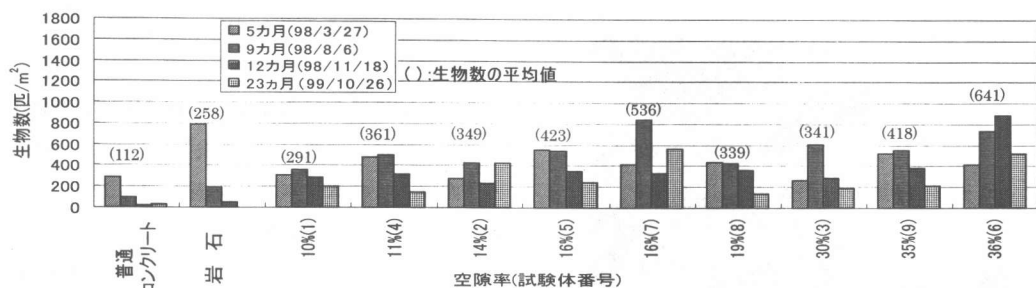


図-3 採取した小動物の総数 (実験シリーズ No.2, 瀬底海岸, 本部産砕石)

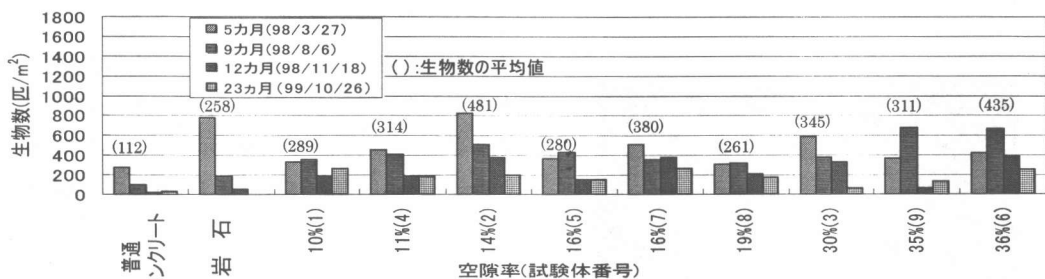


図-4 採取した小動物の総数 (実験シリーズ No.2, 瀬底海岸, 琉球石灰岩)

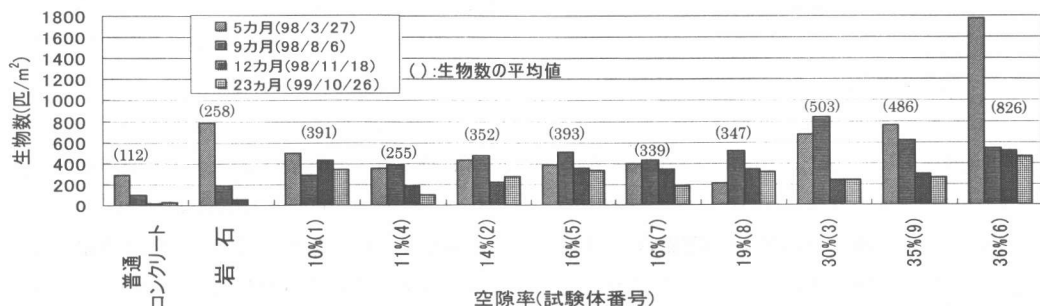


図-5 採取した小動物の総数 (実験シリーズ No.2, 瀬底海岸, 再生骨材)

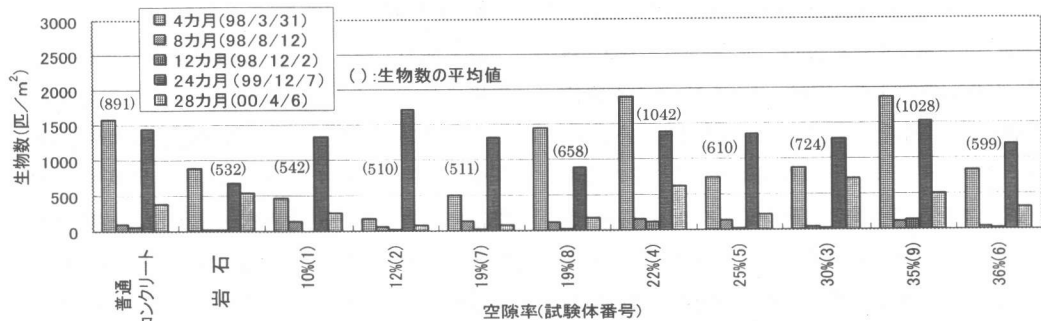


図-6 採取した小動物の総数(実験シリーズ No.2, 泡瀬海岸, 本部産碎石)

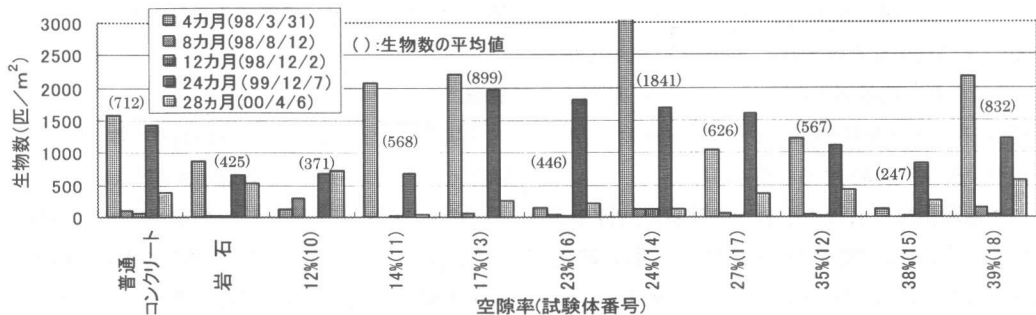


図-7 採取した小動物の総数(実験シリーズ No.2, 泡瀬海岸, 琉球石灰岩)

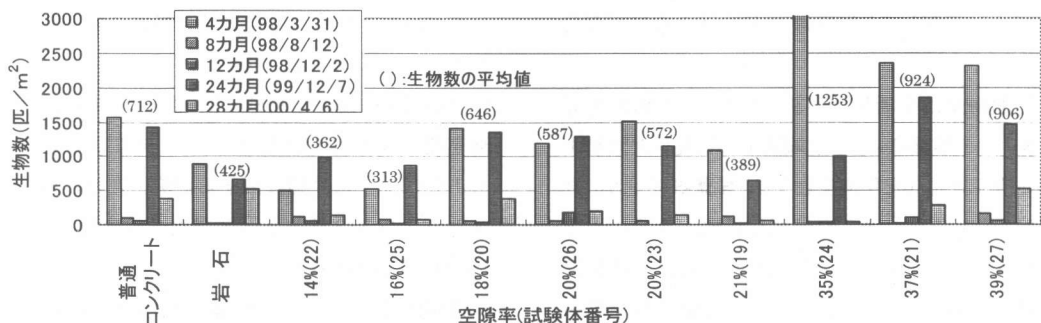


図-8 採取した小動物の総数(実験シリーズ No.2, 泡瀬海岸, 再生骨材)

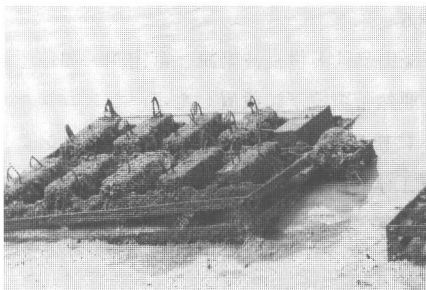


写真-4 シャコガイが付着した試験体

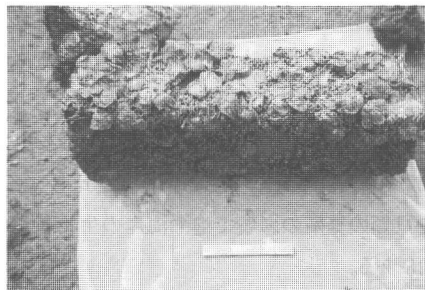


写真-5 貝が繁殖した試験体

3cm のシャコガイの稚貝が自然に付着しているのが見られた。実験シリーズ No.1 のポーラスコンクリート試験体 9 個の内 1 個、実験シリーズ No.2 の試験体 27 個の内 8 個にシャコガイが付着棲息しているが、ポーラスコンクリートは貝の養殖用材料としての可能性も示している。その他、実験シリーズ No.2 のポーラスコンクリート試験体には大きさ 4cm 程度のエダサンゴの付着も見られるので、サンゴの移植や増殖用の材料としての可能性もある。実験シリーズ No.2 の図-3、図-4、図-5 を比較すると、採取された小動物総数については、粗骨材の種類の影響は小さい。従って、資源の有効利用を考慮すると、路盤材として用いられる強度の弱い琉球石灰岩碎石、コンクリート廃材から製造された再生骨材もポーラスコンクリート材料として利用する方法を検討する必要がある。

3.2 泡瀬海岸における小動物の総数と空隙率

採取した小動物総数と空隙率の関係を図-6、図-7、図-8 に示す。同図より普通コンクリートに棲息する生物数の平均値は、岩石や一部のポーラスコンクリートよりも多いことが分かる。また、ポーラスコンクリートの空隙率が増加しても生物数の平均値の増加は見られない。

泡瀬海岸は生活用水が流入しており生物の養分も多いので写真-2 のように試験体に海藻が大繁殖する時期があり、また年間を通して、写真-5 のように貝が繁殖している。これらの海草や貝類は普通コンクリート、岩石、ポーラスコンクリートの全ての試験体に着棲息する。このために、繁殖した海草や貝類が小動物の棲家となったためであると思われる。

もう一つの理由としては、海底がヘドロのため試験体に泥が付着し生物の良好な棲家となったためと思われる。すなわち、海底がヘドロで覆い尽くされ、生活排水が流入し、生物の養分の多い泡瀬海岸の場合、試験体に棲息する生物数はポーラスコンクリートの空隙率や粗骨材の種類による影響は少ない。また、瀬底島と泡瀬海岸の小動物総数を比較すると海草や貝類の繁殖の影響で泡瀬海岸の生物数が多い傾向にある。

4. まとめ

瀬底島のように、さんご礁が繁茂している海洋環境においては、普通コンクリートよりも岩石やポーラスコンクリートの方が海洋性小動物の棲息環境としては良好である。しかし、海底がヘドロで覆い尽くされ、生活排水が流入し、生物の養分の多い泡瀬海岸のような場合は海洋性小動物の棲息環境として普通コンクリート、岩石とポーラスコンクリート共良好である。すなわち、ポーラスコンクリートを海岸構造物に利用する場合、設置環境の状態を考慮して用いる必要がある。

謝辞

本実験を行うにあたり、瀬底島の琉球大学熱帯海洋センターの中野さんから御助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。また、実験を行うのに御助力を頂きました琉球大学工学部環境建設工学科の真栄平正人君に、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) エココンクリート研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、1995.11
- 2) 伊良波繁雄・瑞慶山良延・富山潤・和仁屋晴謹：亜熱帯河川および海岸でのポーラスコンクリートに付着する生物に関する研究、第 24 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集、pp.169-172,1997.11.6
- 3) 瑞慶山良延・伊良波繁雄・富山潤・和仁屋晴謹：亜熱帯環境下の海洋性生物の棲みかとしてのポーラスコンクリートに関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.20, No1, pp.83-88, 1998.6
- 4) 瑞慶山良延・伊良波繁雄・富山潤・和仁屋晴謹：亜熱帯環境下に設置したポーラスコンクリートに棲息する小動物に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.21, No1, pp.271-276, 1999.6