

近畿大学大学院 学生員 ○白石 亮
近畿大学大学院 学生員 米本 龍史
近畿大学理工学部 正会員 玉井 元治

1. はじめに

近年の自然環境破壊や異常気象により、沿岸海域の貧栄養化が進行している。そこで、早期における沿岸海域修復の手法の開発が望まれている。

本研究では高密度な連続空隙を有し、多様性生物の生息基盤の材料とされるポーラスコンクリート(以下 PoC)を構成する骨材に安定性があり、各種ミネラルを含むスラグや鉄鉱石を用いる。また海藻類の着生に必要とされる窒素やリンをポリマー加工した粒状肥料を結合材に混入する。そうすることで貧栄養化した沿岸海域に、生態系の基礎となる藻場の生息領域を早期に造成することを主目的とする。

2. 使用材料と配合

セメント(C):高炉セメントB種(T社製)、低熱ポルトランドセメント(T社製)、粗骨材:5号砕石(G;高槻産)、5号鉄鉱石(Fe;K社提供)、5号転炉スラグ(BS;K社提供)、細骨材:6号珪砂(SS;土岐産)、水:一般水道水(W)、混和材:シリカフューム(SF;E社製)、混和剤:高性能減水剤マイティ 3000(SP;社製)、表面加工した粒状肥料(F;D社製)

PoCのベースコンクリートは、水結合比 $W/(C+SF)=30\%$ 、シリカフューム混入率 $SF/(C+SF)=5\%$ を定めた。透水性を考慮して骨材空隙への結合材充填率を $B/V=40\%$ とした。

実用化強度を見込み $B/V=55\%$ とする配合とした。また、骨材に鉄鉱石、転炉スラグを使用し、粗骨材サイズなどによる相違の影響を調査した。肥料成分の混入量は、単位セメント量に対して質量の20%混入した。それらの配合を表1に示す。

種類	結合材の種類	B/V (%)	単位体積重量 (kg/m ³)									
			W	C	SF	SS	BFS	SP	G	Ir	BS	F
A	CB	40	50	157	8	157	-	1.2	1578	-	-	-
B	CB	40	47	149	8	149	-	1.2	1623	-	-	29.7
C	CB	55	65	204	11	204	-	2	1626	-	-	41
D	CB	40	45	142	8	142	-	1.2	1184	740	-	-
E	CB	40	45	141	7	141	-	1.3	813	1420	-	28.2
F	CB	55	61	194	10	194	-	1.8	813	1420	-	38.8
G	CL	40	45	143	8	143	-	1.2	1052	861	-	32.8
H	CB	40	49	162	9	162	-	1.5	789	-	942	-
I	CB	40	45	142	7	142	-	1.3	813	-	1063	28.4
J	CB	40	51	163	9	-	163	3.1	789	-	942	32.6
K	CB	-	161	256	14	822	-	-	1019	-	-	-

Kは、普通ポルトランドセメントW/C=60%

3. 各種試験方法

PoCからの肥料成分の溶出量試験は、海中から引き上げ後、円柱供試体を7日間の活性炭処理した水道水に入れ、7日、14日、28日後の供試体から溶出する窒素系としてアンモニア濃度及びリン系としてのリン酸濃度をmg/l単位で測定した。これと同時にpH値も測定した。硬化したPoCの圧縮強度試験は、JCIのポーラスコンクリートの物性試験方法(案)1995に準じ行った。

4. 強度特性

図1、図2は種類が異なるPoCの圧縮強度と海中への沈漬日数の関係を示す。図1は粗骨材の種類の相違と肥料有無による関係を示したものであるが鉄鉱石などの硬くて比重の大きいものを用いた場合、供試体が水中で安定するばかりでなく空隙率が大きいにも拘わらず高い強度を保持することが確認された。また、肥料混入有無に関しては同程度の強度が得られた。これは骨材間に粒状

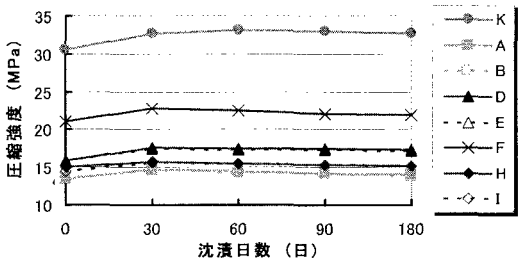


図1 沈漬日数と圧縮強度

肥料が入ると結合材の厚みが増加したためだと考えられる。普通コンクリートと比較すると強度は低いが充填率を増加させることで高い強度が得られる。図2は、結合材の相違による強度特性を示したものである。珪砂のかわりにスラグ粉末を使用した、強度への影響は見られず、珪砂の代替材料として使用可能である。セメントの種類に関しては、高炉セメントB種より低熱ポルトランドセメントのほうが強度の安定性に優れていることが得られた。全体的に初期の養生日数が短時間であったため、沈漬後30日は強度が上昇している。それ以降は、Ca(OH)₂の溶出のため強度低下が見られるが、徐々に低下率は減少し安定性に向かう。これは、コンクリート表面に生物膜が形成され、Ca(OH)₂の溶出を抑制強度が保持されたものと考えられる。

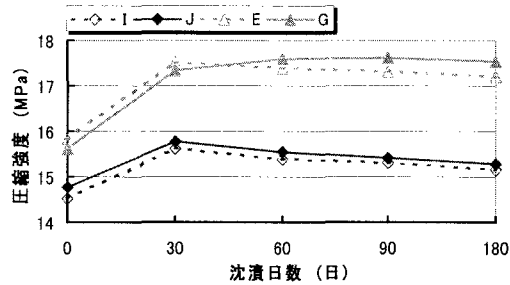


図2 沈漬日数と圧縮強度

5. 海域に沈漬した供試体からの肥料成分の溶出量

海域に沈漬した供試体からの肥料成分の溶出量の結果を表-2に示したものである。どの配合においても、肥料を混入していない供試体からのアンモニアの溶出量は0~0.1mg/l、リン酸の溶出量は0~0.02mg/lとなり、極めて低いことがわかる。しかし、肥料を混入したものは、アンモニアの溶出量は3~10mg/l程度、リン酸の溶出量は0.15~0.2mg/l程度となり溶出量は大きい。沈漬期間を7日、14日、28日と変化させてみたが肥料の溶出量の変化は、ほとんど見られなかった。このことから、結合材により肥料成分溶出量は抑制され溶出を持続していることが確認できた。

表-2 供試体から溶出した肥料成分の溶出量

	日	アンモニア濃度 (mg/l)			リン酸濃度 (mg/l)			カルシウムイオン濃度 (mg/l)		
		7	14	28	7	14	28	7	14	28
K	0	0.1	0.1	0	0.01	0.01	0.01	20.2	18	21.9
	30	0.1	0	0	0.01	0	0.01	9	10.1	10.1
	90	0.2	0.2	0.2	0.02	0.01	0.01	10.3	9.2	21.9
A	0	3.2	2.3	3.2	0.21	0.15	0.15	21.9	37.5	53.2
	30	70.9	57.2	42	0.15	0.15	0.15	9.6	61	96.2
	90	37.9	22.3	44	0.16	0.16	0.2	137.5	137.5	475
B	0	10.5	2.6	3.4	0.15	0.15	0.21	81	72.7	85.2
	30	61.6	60.5	46	0.16	0.23	0.17	400	25.5	700
	90	75.6	58.4	69.9	0.16	0.24	0.19	88.4	96.2	400
D	0	0	0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	46.6	45.4	45.4
	30	0.2	0.2	0.2	0.01	0	0	437.5	400	287.5
	90	0.2	0.2	0.2	0.03	0.01	0.02	175	100.1	68.8
E	0	5.4	2.7	3.3	0.16	0.15	0.15	45.4	68.8	66.5
	30	95	57.1	45.1	0.16	0.15	0.15	625	512.5	212.5
	90	34	14.7	20.2	0.16	0.17	0.15	700	625	437.5
H	0	0	0	0	0.01	0	0	45.4	68.8	48.5
	30	0.1	0.1	0.1	0.02	0.01	0.01	84.5	325	212.5
	90	34	14.7	20.2	0.16	0.17	0.15	700	512.5	325
I	0	8.1	4	4.5	0.19	0.15	0.15	45.5	84.5	46.5
	30	62.2	29	45	0.16	0.15	0.18	287.5	512.5	512.5
	90	38.7	12.2	25.5	0.15	0.15	0.15	700	37.5	475

6. 付着藻類・生物

大阪府泉南郡岬町湾内の水深4mの自然海域に供試体を沈漬し、藻類・生物の付着状況を観察した。沈漬4ヶ月の結果から、鉄鉱石・スラグ混入することで良好になったが、肥料を混入することでより一層良好になることが確認された。粗骨材の大きさでは、6号サイズのほうが早期の藻類付着・生育が良かったが、空隙径が大きい5号サイズには大きさ生物を含め多数の生物が棲息していることが確認できた。

まとめ

PoCに肥料成分を混入し、藻場造成材料の可能性につき検討し、次のことが明らかになった。
人口漁場などに使用されているコンクリートは設計圧縮強度200kgf/cm²以上であることから、PoCの充填率B/V=50~55%にすることで実用可能である。
現時点で海藻付着被度や付着現存量は良好であり、今後ますます海藻類の付着が増加すると考えられ、藻場造成材料として有効であることが確認された。

目視における付着生物調査結果

種類		全長(mm)	沈漬期間			
			30日	60日	90日	120日
海藻類	褐藻(コンブ等)	20~80	0	40	23	11
	紅藻(マツリ等)	30~100	0	45	90	143
プランクトン類	植物性珪藻類等	観測できたが個体数、大きさは測定不能				
	動物性渦巻毛虫類等	観測できたが個体数、大きさは測定不能				
魚類	カサゴ科(カサゴ等)	40~70	0	3	5	4
	アナゴ科(マアナゴ等)	40~150	0	1	0	2
節足動物	カニ類(ガサミ等)	20~50	7	14	9	8
	ヤドカリ類	20~40	10	17	25	21
	エビ類(サラサエビ等)	7~20	12	21	39	52
軟体動物	貝類(ニシキウスガイ等)	30~50	8	15	19	16
棘皮動物	ヒトデ類(クモヒトデ等)	50~70	0	2	2	1

個体数はB/V=40%の6号砕石・鉄鉱石を使用した供試体4本あたりの合計