

인공어초용 기능성 포러스 콘크리트 개발에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Development of Functional Porous Concrete for Artificial Reef

최 성 하* 김 명 유* 양 은 익**
Choi, Sung Ha Kim, Myung Yu Yang, Eun Ik

ABSTRACT

By this time, various shapes and materials are used in Artificial Reef. A function of Artificial Reef is leading of fishes by adhesion of seaweeds, however, this effect was not enough. In this study, porous concrete containing function materials (protein, carbohydrates, and fat etc.) are investigated to maximize leading effect of fishes. For these, the mechanical characteristics of porous concrete are investigated with void contents and function materials. Also, the diffusion of function materials are compared to suggest the suitable content of functional material.

1. 서론

저인망 등 무절제한 어업활동 등으로 인하여 바다는 점차 황폐화되어가고 있고, 이로 인한 어족자원 고갈을 막기 위하여 바다숲 조성사업이 활발히 진행되고 있다. 바다숲을 조성함에 있어 인공어초를 사용한 방법이 많이 사용되고 있는데, 이와 같은 인공어초는 인위적으로 어장을 조성하는 수단이므로 인공어초의 시설에 따른 투자의 효과를 높이기 위해서는 연안해역의 특성과 어초 시설과정에서 그 목적으로 하는 대상생물의 습성을 잘 파악하여 어획량 및 그 생산성을 최대한으로 높일 수 있는 어초 구조가 필요하게 된다. 그러나, 지금까지의 인공어초는 종래에 이미 여러 형태 및 재질의 인공어초가 제시된 바 있으나, 이러한 인공어초는 단순히 해조류의 부착에 의한 어류의 위집(蝟集) 유도라는 소극적인 효과만을 목적으로 할 뿐 어류를 유도하는 보다 적극적인 기능을 수행하는 인공어초는 아직 개발되지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 위집성능을 극대화하기 위해 어류의 직접적인 먹이 또는 어류의 먹이가 되는 플랑크톤의 먹이가 되는 단백질, 탄수화물, 지방 등의 영양분 공급원을 인공어초의 골격을 이루는 콘크리트 부재 내에 직접 함유시켜 위집효율을 높이고자 하였다. 이를 위해 함유물질의 확산 성능을 최적화 할 수 있는 인공어초용 콘크리트를 개발하고자 선행연구로써 인공어초용으로 적합한 포러스 콘크리트 공극을 검토하였고 기능성 물질을 첨가함에 따른 확산특성을 살펴보았다.

2. 실험개요

* 정희원, 강릉대학교 토목공학과 대학원생

** 정희원, 강릉대학교 토목공학과 교수

2.1 포러스 콘크리트의 W/C선정 및 공극률 선정

기존 문헌을 통하여 포러스 콘크리트에 가장 많이 사용되고 있는 W/C와 공극률에 대하여 조사하였다. 조사결과 W/C는 22%, 25%, 28%, 30%, 32%, 35% 정도를 사용하였고 가장 많이 사용되고 있는 W/C는 25% 그 다음은 30%로 나타났다. 따라서, 이번 연구에서는 W/C를 25%를 기준으로 하여 실험하였다. 그리고, 공극률은 20%, 25%, 30% 정도가 가장 흔하게 사용되었고 그 외에 특수 목적으로 공극률을 조정하여 사용하는 것을 알 수 있었다. 그 중 공극률 30%는 식재용으로 많이 사용되었고 우리가 개발하고자 한 인공어초용 포러스 콘크리트는 표면을 거칠게 하여 부착력을 높이기 위한 목적이 더 크기 때문에 다른 공극률에 비해 강도가 떨어지는 30%를 제외하고 대신 공극률 10%, 15% 경우를 더 추가하여 목표 공극률 10%, 15%, 20%, 25%에 대하여 검토하였다.

2.2 골재

굵은 골재는 5~13mm의 골재를 사용하였고, 잔골재는 사용하지 않았다.

표 1 굵은 골재

굵은 골재(size)	5~13mm
비 중	2.60
흡 수 율 (%)	1.30
조 립 률 (F.M)	6.20
실 적 률 (%)	58.58

표 2 배합표

G _{max} (mm)	페이스트 흐름값 (cm)	목 표 공극률 (%)	W/C(%)	잔골재율 S/a (%)	단 위 량 (kg/m ³)			
					W	C	S	G
5~13	15.69	10	25	0	143.59	574.34	0	1491.47
	15.66	15			121.56	486.23	0	1491.47
	15.68	20			99.53	398.12	0	1491.47
	15.65	25			77.50	310.01	0	1491.47

2.3 기능성 물질의 선정

기능성 물질은 어류의 직접적인 먹이 또는 어류의 먹이가 되는 플라크톤의 먹이가 되는 단백질, 탄수화물, 지방 등의 영양분 공급원이 될 수 있는 물질 A, B, C 세 가지를 선정하였다. A 물질은 액상형으로 영양소가 골고루 분포 되어있으며 단백질 함유량이 많은 물질로 선정하였으며 B, C는 탄수화물이 주성분이고 주변에서 쉽게 구할 수 있는 물질로 선정하였다. 그리고 위에 제시된 포러스 콘크리트 배합에 대하여 수분을 제외한 고형성분을 시멘트량 대비 0%~4%를 첨가하여 실험을 실시하였다.

표 3 기능성 물질의 대표적 구성 성분

	단백질 (%)	탄수화물 (%)	지방 (%)	기타 (%)	형태
A	3.2	4.7	3.4	기타 3.7, 수분 85	액체
B	10	80~85	5~7	3~5	고체
C	9.7	70	5.3	15	고체

표 4 기능성 물질의 체가름 시험시 각 체에 남은 량 (%)

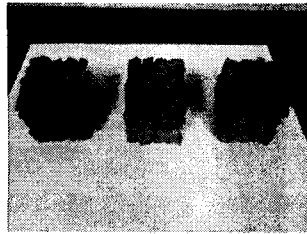
	#16	#30	#40	#50	#100	#200	팬	총
B	0	0	0	0	1.78	49.29	48.93	100
C	1.13	92.53	4.90	0.42	0.84	0.17	0	100

2.4 배합 및 양생

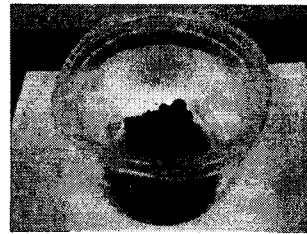
1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 비빔 방법은 45ℓ 팬타입 강제식 믹서를 사용하여 골재와 시멘트를 투입하여 1분간 건비빔을 한 후, 물 1/2를 첨가하여 1분간 2차 비빔, 마지막으로 나머지 물을 첨가하여 1분간 믹싱하였다. 기능성 물질을 넣을 경우에는 기능성 물질 A의 경우 배합수에 섞어서 배합하였고, 기능성 물질 B와 C의 경우 시멘트에 혼합하여 배합을 실시하였다. 압축강도용 시험체(Φ 100x200 mm)를 사용하여 표준 수중 양생하였으며 1, 3, 7, 14, 28일에 강도 측정을 하였다.

2.5 확산 측정

그림 1과 같이 확산 측정용 시편 (50x50x50 mm)을 상온에서 기중 양생 3일후 증류수 650ml에 확산 측정용 시편을 침지시켜 밀폐시킨 후 기능성 물질 A는 7일, 1개월, 4개월 단위로 측정을 실시하였고, 기능성 물질 B와 C는 1일, 7일, 1개월 단위로 측정을 실시하였다.



확산측정용 시편



확산 침지

그림 1 확산 측정 실험

3. 실험결과

3.1 포러스 콘크리트의 공극률 선정

그림 2에서 보는 바와 같이 공극률 증가에 따라 강도가 감소하였으며, 공극률 25%이상에서의 인공 어초용 포러스 콘크리트 배합은 부적합한 것으로 판단되었다. 공극률 20%경우, 압축강도가 다소 낮게 측정되었으나 설계기준강도가 높을 경우 잔골재를 일부 혼합하거나 첨가제 등을 사용하여 강도를 높일 수 있을 것으로 판단되고 또한 기능성 물질의 확산을 극대화하기 위하여 가능한 공극률이 높은 경우가 바람직하므로 기능성 물질을 혼합하는 배합은 W/C 25%, 공극률 20%를 사용하기로 하였다.

3.2 기능성 물질을 혼입한 포러스 콘크리트

기능성 물질을 포함한 콘크리트의 실험결과를 그림 3, 그림 4에 나타내었다. 기능성 물질 A의 경우 모르타르 배합을 먼저 실시하였는데 2%까지는 경화가 일반적으로 시작되었으나 그 이상인 3%, 4%를 넣었을 경우에는 시멘트 경화에 오랜 시간이 소요되어 실험에서 제외하였다.

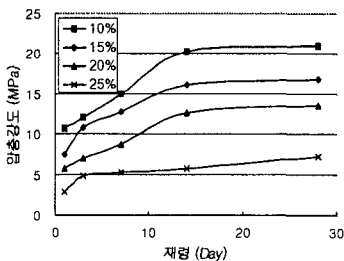


그림 2 W/C 25% 공극별 압축강도

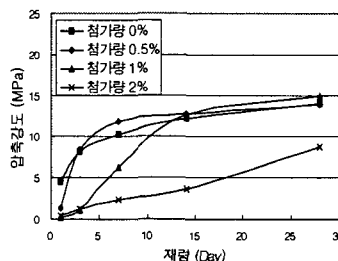


그림 3 기능성 물질 A

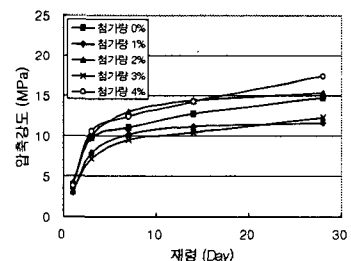


그림 4 기능성 물질 B

그림 3에 따르면 첨가량 0.5%에서는 1일 강도가 적게 나왔으나 3일부터는 기준 배합과 거의 차이가 없음을 알 수 있고 1%의 경우에는 14일부터 기준강도 정도로 발현되기 시작하였다. 2%의 경우 강도가 많이 떨어져 그냥 사용하기는 어렵다고 판단되고 공극률을 줄여주거나 잔골재나 첨가제를 이용하여 개선해야 된다고 판단된다. 기능성 물질 B와 C의 경우에도 먼저 모르타르 배합을 하였는데 기능성 물질 A와는 다르게 4%까지 경화가 가능하였고 첨가량이 많아짐에 따라 약간의 강도가 떨어지는 현상을 볼 수 있었으며, 두 물질의 강도 발현 특성이 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있었다. 따라서 압축강도 실험에서는 B의 경우 하나만 실험을 실시하였다. 그림 4에 따르면 기능성 물질 B의 경우 모르타르 실험 때와는 달리 첨가량에 따라 강도가 줄어드는 것이 아니라 압축강도의 변동이 나타나는 것으로 측정되었다. 따라서 본 연구의 실험 결과 범위에서 기능성 물질 B 경우의 사용량은 4%이내가 적합한 것으로 판단된다.

3.3 기능성 물질의 확산량 측정

기능성 물질을 함유한 콘크리트의 확산량 측정결과를 정리하면 그림 5와 같다.

그림 5에서 알 수 있는 바와 같이 확산 물질이 초기 7일까지는 잘 검출되고 있으나 그 후엔 확산량

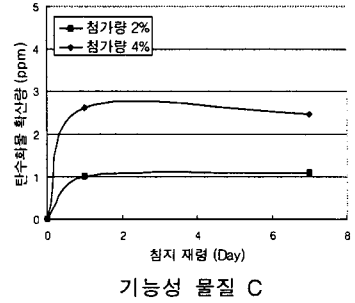
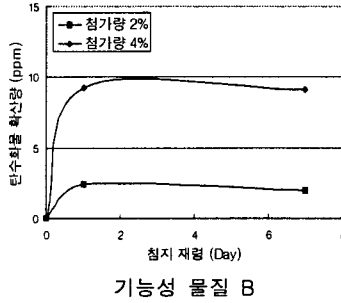
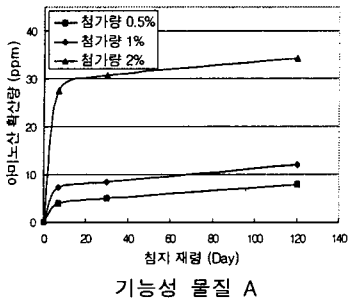


그림 5 기능성 물질의 확산량(ppm)

이 적어지는 것을 볼 수 있다. 한편 아미노산의 경우에는 오랜 시간이 지나도 꾸준히 물질이 확산되는 것을 알 수 있었지만 탄수화물의 경우에는 1개월부터는 측정이 곤란하였다. 이는 확산 초기에 포러스 콘크리트 표면 근처에 있는 기능성 물질이 쉽게 증류수 쪽으로 빠져나와 높은 확산량을 보이지만 그 이후에 포러스 콘크리트 내부에 있는 기능성 물질이 나오는데 시간이 더욱 소요되는 것으로 판단되며, 더욱이 탄수화물의 경우는 아미노산과는 달리 증류수 속에서 쉽게 녹아 나오지 않고 미생물에 의해 분해가 되어 당으로 빠져 나오며 또 녹아나오는 당 성분마저도 미생물이 분해하여 열량으로 소모하게 되므로 측정 오차가 크게 발생하는 것으로 확인되었다. 따라서 탄수화물의 농도는 누적농도가 아닌 측정 시점의 농도가 되므로 시간에 따른 확산량을 측정하기가 곤란하였다. 그러나, 기능성 물질 B와 C의 경우 지속적인 확산이 실질적으로 이루어지는 것으로 판단되므로 기능성 물질은 오랜 기간 동안 부재 내에 있으면서 미생물들의 생성을 촉진시킬 것이라 판단된다.

4. 결론

인공어초용 기능성 포러스 콘크리트 개발에 대한 실험적 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 인공어초용 포러스 콘크리트 W/C 25%에서 공극률은 20% 이내로 선정하는 것이 적당하였다.
- 2) 위 조건에서 기능성 물질 A는 시멘트량의 2%이내, 기능성 물질 B와 C는 4%이내로 첨가하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- 3) 기능성 물질의 확산 실험결과 각 기능성 물질 모두 꾸준한 확산을 통해 어류 및 해조류와 플랑크톤의 위집능력을 오랜 기간 동안 발휘 할 것으로 예상된다. 단, 단백질(아미노산)의 확산분석은 용이한 반면, 누적 탄수화물의 분석은 곤란한 것으로 판단된다.
- 4) 추후 시험어초를 통한 인공어초용 포러스 콘크리트의 위집 성능에 대한 현장실험이 요망된다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 지방기술혁신 사업 “신소재 하이브리드 담체형 인공어초 개발”(과제번호:RTI05-01-02) 과제에 의해 수행되었으며, 이에 관련된 관계자분들에게 감사드립니다.

참고 문헌

1. 朴承範 著, 最新 土木材料實驗, 文運堂
2. 특수콘크리트 공학, 사단법인 한국콘크리트 학회
3. 우리나라 연근해 어류의 종류, 서식지 및 기호식성
4. 岡本享久, 増井直樹, “포러스 콘크리트의 제조”, 콘크리트학회지 제 12권 5호 2000. 9 pp.29~32.
5. 김무한, 김규용, 백용관, 김재환, “포러스 콘크리트의 배합요인 및 골재 혼합비율이 강도 및 투수성능에 미치는 영향”, 콘크리트학회 논문집 제12권 6호 2000. 12. pp.91~98