

포러스콘크리트의 해수정화특성에 관한 실험적 연구

A Study on the Sea-water Purification Properties of Porous Concrete

서대석** 박승범* 이 준** 송재립** 김정희**
Seo, Dae seuk Park, Seong Bum Lee, Jun Song, Jae Lib Kim, Jung Hee

ABSTRACT

This paper describe the performance of seawater purification, to which living organisms can adapt, and the physical properties of porous concrete with continuous void. Although conventional concrete has been regarded as a destroyer of nature, seawater and air can pass freely through concrete when it is made porous by forming continuous void. This not only enables plants to vegetables, but also makes it possible for microscopic animals and plants, including bacteria, to attach to and inhabit uneven surface as well as internal voids when the concrete is provided in a natural seawater area or seawaterside area. As a result, porous concrete using recycled aggregate improved the performance of seawater purification. In this study, The performance of seawater purification of porous concrete using recycled aggregate analyzed by T-P, T-N

1. 서론

우리나라는 반도국가인 지리적 특성상 3면이 바다로 둘러 싸여 있고, 1982년 UN 해양법협약 및 1992년 유엔환경개발회의의 「Agenda 21」 등의 국제규범을 통해 해양의 '환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD)'을 위해 관련규정을 준수해야 될 연안국으로서 해양환경관리에 대한 해양환경 보호의 무는 지속적으로 강화되는 추세에 있다. 그러나 연안해역에서의 매립, 해양투기, 기름유출 등에 의한 해양오염에 의한 수질 악화와 담수호 조성 및 간척 등에 의한 해양환경의 파괴와 지구온난화 등 기후 변화에 의한 잦은 태풍과 해일피해 등으로 광대한 조장소실의 피해가 크게 증가하고 있어 어패류 등 수산자원의 고갈현상이 심화되는 등 커다란 사회문제로 대두되고 있다. 이를 해결하기 위한 한 방안으로 환경친화 콘크리트를 들 수 있는데 이는 자연환경의 부하 저감과 아울러 생태계와의 조화 또는 공존, 공생에 기여하는 콘크리트를 말하며 에코콘크리트라고도 한다. 에코콘크리트 중에서 잔골재를 사용하지 않아 연속된 공극을 갖는 포러스콘크리트가 주로 이용되어 지고 있으며, 환경부하저감과 생물부착 및 식생능력이 우수한 콘크리트로서 이에 대한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 포러스콘크리트를 이용하여 연안해역의 환경보전 및 오염에 의해 훼손된 연안해역의 조장을 조기에 복원시키기 위하여 해수정화용 다기능 포러스콘크리트의 해수정화특성에 관한 실험적 연구를 실시하였다.

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에서 사용된 시멘트는 국내 D사의 밀도 3.14g/cm^3 , 분말도 $3200\text{cm}^2/\text{g}$ 의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

* 정희원, 충남대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 충남대학교 토목공학과

2.1.2 골재

골재는 충남 금산에서 생산된 화강암질의 부순돌과 충남 공주시 H사에서 제조된 폐콘크리트 재생 골재를 사용하였으며, 골재의 물리적 성질은 표 1과 표 2와 같다.

표 1 부순돌의 물리적 특성

입도	단위용적질량(kg/m ³)	밀도(g/cm ³)	흡수율(%)	실적율(%)
5~13mm	1,693	2.79	0.84	60.6
13~20mm	1,661	2.79	0.74	59.6

표 2 폐콘크리트 재생골재의 물리적 성질

입도	단위용적질량(kg/m ³)	밀도(g/cm ³)	흡수율(%)	실적율(%)
5~13mm	1,431	2.34	5.2	54.5
13~20mm	1,426	2.34	5.3	53.6

2.1.3 실리카 폼

본 연구에 사용된 실리카폼의 화학적 조성 및 물리적 특성은 표 3와 같다.

표 3 실리카 폼의 화학적 성분 및 물리적 특성

화학적 성분(%)					물리적 특성		
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	lg.loss	밀도(g/cm ³)	분말도(cm ³ /g)	Particle Size(Ave.)
92.5	1.68	2.51	0.56	0.312.0	2.2~2.3	263,000	1.36 μ m

2.1.4 입상 인공Zeolite

입상 인공Zeolite의 내부구조는 미세 다공질의 구조로 이루어져 있어 흡착 및 이온교환 작용에 의하나 수질정화효과가 있다. 따라서 본 연구에서는 오염된 연안해역의 수질을 개선시키기 위하여 입상 인공Zeolite를 성능향상 요소로 사용하였으며, 특징은 입도는 5mm, 밀도는 1.9g/cm³, 단위용적질량은 2.19kg/m³, 실적율은 53.2%, 흡수율은 18%이다.

2.1.5 혼화제

혼화제는 시멘트의 분산작용에 의해 콘크리트의 성질을 개선시키는 감수제로서, 일본 K사 제품의 나프탈렌 설폰산염 고축합물계 Mighty-150으로 밀도는 1.20, pH 7~9이며 고형물 함량이 41~45%의 것을 사용하였다.

2.2 콘크리트의 배합 및 믹싱

해수정화용 포러스콘크리트의 배합요인별 해수정화성능평가를 분석하기 위하여 물-시멘트비를 25% 목표공극률을 20%로 설정하고 폐콘크리트 재생골재(0%, 30%, 50%, 100%), 실리카 폼(10%), 입상 인공Zeolite(0%, 10%, 20%) 등의 관계요인별에 따른 배합을 실시하였으며, 믹싱은 옴니믹서를 사용하여 시멘트와 골재를 혼입하여 60초간 건비빔을 하고 혼화제와 물을 첨가하고 90초간 비비는 분할투입방법으로 배합을 실시하였으며, 성형방법은 표면진동형 다짐기를 이용하여 15초동안 다짐을 실시하여 공시체를 제조하고 소정의 재령까지 수중양생 후 해수정화 성능을 측정하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 전공극률시험

전공극률 시험은 일본 콘크리트공학협회 에코 콘크리트위원회의 『포러스콘크리트의 공극률 시험방법(안)』 중 용적법에 준하여 측정하였으며 다음의 식에 의하여 계산하였다.

$$A(\%) = \frac{1 - (W_2 - W_1)}{V} \times 100$$

여기서, A : 콘크리트의 전공극률(%)

W₁ : 공시체의 수중질량(g)

W₂ : 24시간의 자연건조후 건조질량(g)

V : 공시체의 체적(cm³)

2.3.2 압축강도 시험

압축강도는 Ø10×20cm 원주형 몰드에 콘크리트를 채우고 3층 25회씩 다진 다음 24시간 후 탈형하여 수중양생 후 KS F 2405에 준하여 일본 M사 제품의 용량 100t의 유압식 만능시험기를 사용하여 압축강도를 측정하였다.

2.4.3 T-N 및 T-P 농도 측정

T-N측정은 과황산 분해법(Persulfate Method)으로 유기물을 분해하여 질산염(NO_3)으로 산화시킨 후 400~490nm파장에서 흡광도를 측정, 검량선을 작성하여 총질소(질산염)의 농도를 구하였으며, T-P 측정은 아스코르빈산 환원법(Ascorbic Acid Method)으로 유기물을 산화 분해하여 모든 인 화합물을 인산염(SO_4)으로 변화시킨 후 880nm에서 흡광도를 측정하여 검량선으로부터 총인의 농도를 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공극률

배합요인에 따른 해수정화용 포러스콘크리트의 공극률 측정결과는 그림 1과 같다. 이를 고찰하여 보면 폐콘크리트 재생골재의 혼입률이 증가함에 따라 측정 공극률은 증가하였고, 사용골재의 골재입도가 작을수록, 인공 입상Zeolite의 혼입률이 증가할수록 공극률은 작게 나타났다. 폐콘크리트 재생골재의 혼입률 및 인공 입상Zeolite 혼입률에 따른 공극률과 목표공극률 20%와의 차이는 최대 2.1%이내인 것으로 나타났다.

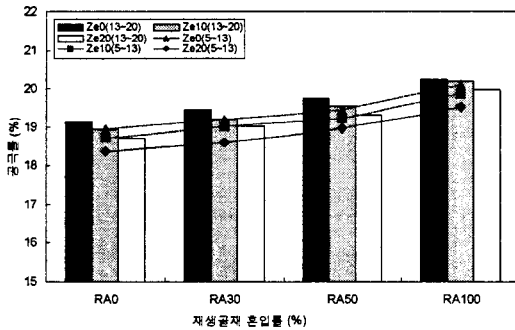


그림 1 공극률

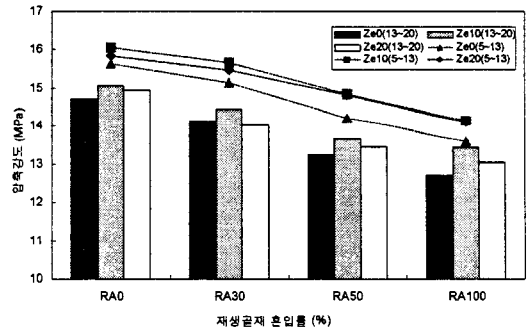


그림 2 압축강도

3.2 압축강도

해수정화용 포러스콘크리트의 배합요인별에 따른 강도 특성결과는 그림 2와 같다. 이를 고찰하여 보면 사용골재의 입도가 일정할 때 폐콘크리트 재생골재의 혼입률이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 나타냈고, 입상 인공Zeolite 혼입률에 따른 해수정화용 포러스 콘크리트의 압축강도 특성을 고찰해 보면 강도의 변동 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았다.

3.3 T-N 및 T-P농도

침지기간에 따른 총질소농도의 변화는 골재입도 13~20mm의 경우 28일 정도에서, 5~13mm의 경우 14일 정도에서 가장 작게 나타났다. 이러한 경향은 입도가 큰 골재를 사용할 경우 비표면적이 작아 미생물의 부착량이 적어지게 되어 미생물에 의한 질소의 소비가 적고 이로 인해 질소농도의 저하가 늦게 일어난 것으로 나타났다. 총인의 농도는 침지기간이 지남에 따라 감소하고, 사용골재의 입도가 작을수록 농도가 적게 되는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 해수정화용 포러스콘크리트의 비표면적이 증가하여 부착된 미생물의 양이 증가하기 때문에 총인농도가 더욱 저감되는 것으로 나타났다.

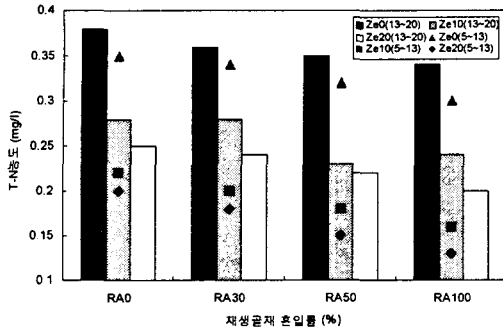


그림 3 14일 후의 T-N농도

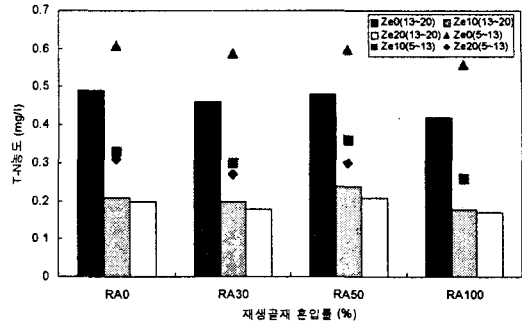


그림 4 28일 후의 T-N농도

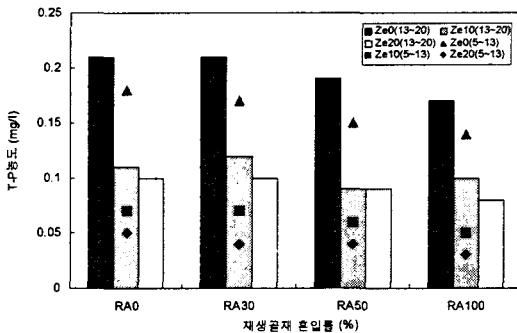


그림 5 14일 후의 T-P농도

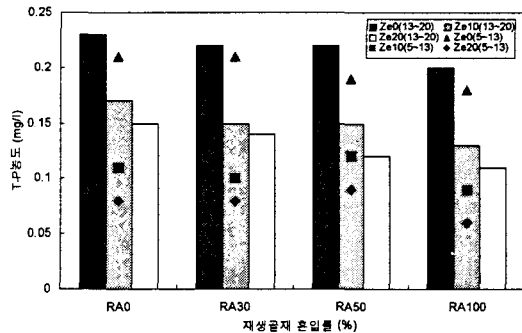


그림 6 28일 후의 T-P농도

4. 결론

- 1) 재생골재의 혼입률이 높아짐에 따라 공극률이 증가하는 경향은 부순골재와 재생골재와의 혼합골재의 단위용적질량 및 실적률에 기인된 것으로 생각되며 입상 인공Zeolite의 혼입률이 높아짐에 따라 공극률이 감소하는 경향은 포러스콘크리트 내부에 형성된 공극사이에 입상 인공Zeolite가 채워져 공극률이 감소하는 것으로 판단된다.
- 2) 해수정화용 포러스콘크리트의 압축강도는 재생골재의 혼입률이 증가함에 따라 감소하는데, 이러한 경향은 골재 표면에 부착되어 있는 구재 모르타르와 시멘트 페이스트와의 결합력 감소에 의한 것이라 생각되며, 입상 인공Zeolite의 혼입률에 따라 압축강도의 증가 및 감소 경향이 뚜렷하지 않은 것은 시멘트 페이스트가 입상 인공Zeolite를 다시 한번 피복함으로써 상대적으로 골재에 피복되어 지는 페이스트량 또한 감소하여 공극률 감소에 의한 강도 증가 경향과 피복되는 시멘트 페이스트량 감소로 인한 강도감소 경향이 서로 상쇄되었기 때문으로 사료 된다.
- 3) T-N 및 T-P 농도의 최저치에 도달하는 침지일수는 골재입경이 클수록 길어지는데, 이러한 경향은 골재 입경이 클수록 비표면적이 작아져서 부착되는 미생물의 양이 감소하기 때문이라고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구지원사업(R01-2004-000-10153-0)의 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 박승범, "최신 건설재료학" 문운당, 2005
2. 玉井元治. "多孔質コンクリートの生物付着と水質浄化" 化学工業, Vol. 47, No. 4, pp. 9~15, 1996.
3. Tamai, M., Kawai, A., and Kitada H. "Properties of No-fines Concrete in Seawater and Possibility of Purifying Water Quality" JCA Proceeding of Cement and Concrete, No. 46, pp. 88 0~885, 1992.