조장조성용 포러스콘크리트의 생물부착 특성에 관한 실험적 연구

An Experiment Study of Porous concrete for oceanic life Adhesion in Sea-water Environment

박 승 범* 서 대 석** 김 봉 균** 이 병 재** 조 광 연***
Park Seong Bum Seo, Dae Seuk Kim, Bong Kyun Lee, Byung Jae Cho Kwang Yeon

ABSTRACT

The Purpose of this study is to develope the method for early recovery of the biodiversity in the oligotrophical costal area, it is important in the recovery of the biodiversity to make kelp forest grow in the concerned area. In order for it, sufficient nutrient is required as well as the proper seedbed, Hence in this study, granulated fertilizer, which contains nutrient, such as nitrogen, phosphorus and etc, is coated by cement paste, and then is mixed in to the porous concrete in order to provide seedbed and nutrient simultaneously. As a result of examination of growth property of marine plants of multiple performance concrete for kelp forest regeneration, seaweeds is adhered plentifully when the number of days is longer. when the granular fertilizer mixed, adherence and growth of marine plants is excellent and is stabilized over the long run. In case 6 month of the number of days immersed, marine plants and growth will appear.

1. 서론

반도국가인 우리나라는 지리적 특성상 3면이 바다로 둘러 싸여 있고, 1982년 UN 해양법협약 및 1992년 유엔환경개발회의 「의제21」 등의 국제규범을 통해 해양의 '환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD)'을 위해 관련규정을 준수해야 될 연안국으로 해양환경관리에 대한 해양의 환경보호의무는 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 기후변화에 의한 잦은 태풍과 해일피해 등으로 광대한 조장의 소실 및 피해가 크게 증가하고 있어 어패류 등의 수산자원 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 식생성능이 우수한 콘크리트로서 이에 대한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 해양환경 하에서 생물부착이 양호하고 탄소, 질소, 규소, 인 등의 영양염의 공급을 위하여 시멘트코팅 입상비료를 이용한 조장조성용 포러스콘크리트를 제조하고, 배합요인별 생물부착 특성을 규명하여 현장적용을 위한 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다.

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에서 사용된 시멘트는 국내 S사의 밀도 3.04g/cm^3, 분말도 4,091㎠/g의 고로슬래그 함유량이 30%인 고로슬래그 시멘트를 사용하였다.

* 정회원, 충남대학교 토목공학과 교수
** 정회원, 충남대학교 토목공학과
*** 정회원, 공주영상정보대학교 교수

2.1.2 골재

본 연구에 사용된 골재는 입도가 5~13mm, 밀도 2.79g/cm^3, 단위용적질량 1,693kg/m^3, 흡수율 0.84%, 실적율 60.6%의 충남 금산 H사의 화강암질 부순돌을 사용하였다.

2.1.3 시멘트 코팅입상비료

입상비료는 질소계와 인계의 혼합비가 4:1인 복합비료를 시멘트페이스트를 사용하여 처리한 것으로서 입도가 3.0~6.0mm, 코팅두께 1.0mm, 밀도 2.10g/cm^3, 단위용적질량 1,165kg/m^3, 흡수율 0.84%, 실적율 60.6%인 것을 사용하였다.

2.1.4 실리카 퓸

본 연구에 사용된 실리카 퓸은 호주 Elkem사의 920D제품을 사용하였으며 화학적 조성 및 물리적 특성은 표 1과 같다.

표 1 실리카 퓸의 화학적 성분 및 물리적 특성

화학적 성분(%)				물리적 특성			
SiO_2	H_2O	CaO	lg.loss	Specific Gravity	Bulk density (kg/m^3)	Blain's (m^2/g)	Particle size (㎛)
91.1	0.8	1.3	2.0	2.2~2.3	150~700	15~30	0.5

2.1.5 혼화제

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

배합은 물-결합재비(W/B) 25%로 일정하게 하고 시멘트 코팅 입상비료의 혼입량은 결합재의 0, 10, 20%, 혼화재인 실리카 퓸을 모든 배합에서 혼입률 10%로 하고 골재입경은 5~13mm, 목표공극률을 15, 20, 25%로 변화시켜 배합설계를 하였다. 믹싱은 시멘트페이스트의 분산성을 향상시키기 위해 30ℓ의 옴니믹서를 사용하였으며, 혼합방법은 200rpm으로 시멘트, 골재와 입상비료를 혼입 후 1분간 건비빔을 하고 혼화제와 물을 첨가하고 3분간 혼합하는 분할투입방식을 사용하였다. 성형방법은 표면진동형 다짐기를 이용하여 15초 동안 다짐을 실시하여 공시체를 제조하고, 소정의 재령까지 수중양생 후, 일정기간 해수중에 침지하여 생물부착 성능을 측정·평가하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 전공극률 시험

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(%)
W_1 : 공시체의 수중질량(g)
W_2 : 24시간의 자연건조 후 기건질량(g)
V : 공시체의 체적(㎤)

2.3.2 압축강도 시험

포러스콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2405 『콘크리트의 압축강도 시험방법』에 준하여 측정하였다.

2.3.3 조류의 피복도 측정

해조류의 부착성능 평가를 위하여 배합조건에 따른 50×50×10cm의 시험체를 제작하여 남해안지역에 일정기간 설치한 후에 침지기간에 따라 시험체의 표면을 디지털 카메라를 사용하여 사진촬영한 후 실험실에서 컴퓨터를 사용하여 시험체의 표면적에 대한 각각의 조류를 색상에 대한 비율로 녹조류, 갈조류, 홍조류로 나누어 각각의 색상에 대한 면적으로 환산하여 시험체 표면의 조류의 피복상태를 나타내

었다.

2.3.4 해양동물의 종류 및 개체수 측정

해양동물의 부착성능 측정은 배합조건별 시험체의 표면에 부착된 각종 해양동물을 채취하여 해양동물을 절지동물과 연체동물, 극피동물로 분류하고 각각의 동물군에 대한 개체수를 측정하여 침지기간별, 배합조건에 따른 시험체에 부착된 각종 해양동물의 부착성능을 평가하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공극률 및 압축강도

그림 1은 입상비료의 혼입률에 따른 설계공극률과 실측공극률과의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 설계공극률이 15, 20, 25%로 증가함에 따라 실측공극률은 14.1~12.7, 18.9~17.8, 24.0~22.7%로 나타났으며, 각각의 경우 골재 조건에서 입상비료의 혼입률이 증가할수록 공극률이 감소했다. 그림 2는 입상비료의 혼입률에 따른 설계공극률과 압축강도와의 관계를 나타낸 것이다. 동일 골재 조건에서 설계공극률이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 것으로 나타났다.

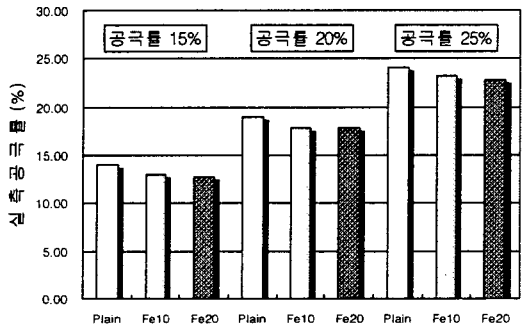

그림 1 입상비료 혼입률에 따른 공극률

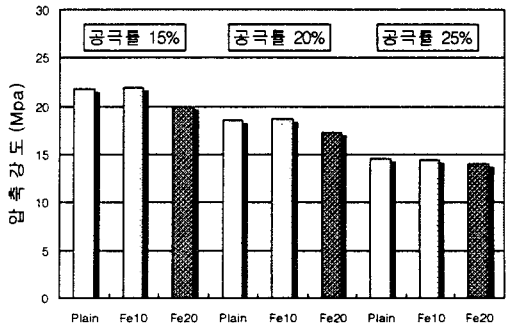

그림 2 입상비료 혼입률에 따른 압축강도

3.2 조류의 피복도 측정

그림 3과 4는 배합조건별 조류의 피복도 측정결과이다. 침지기간이 3개월인 경우 설계공극률이 15, 20, 25%로 증가함에 따라 피복 면적은 점차로 다소 증가했으며, 6개월인 경우 설계공극률이 15, 20, 25%로 증가함에 따라 피복 면적은 약간 감소하였고 침지기간과 설계공극률이 증가함에 따라 조류의 피복정도가 증가하는 경향을 나타내었으며, 사용골재의 입도와 설계공극률이 일정할 때 입상비료의 혼입량이 증가함에 따라 조류의 피복정도가 증가하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 시멘트 코팅입상비료의 사용에 의하여 해양생물의 생육에 필요한 영양염을 지속적으로 공급하여 주었기 때문에 조기에 생물의 부착과 생육이 이루어진 것으로 판단되며, 침지기간이 6개월인 경우에도 영양염의 지속적인 용출로 해양식물의 생육이 활발히 이루어진 것으로 판단된다.

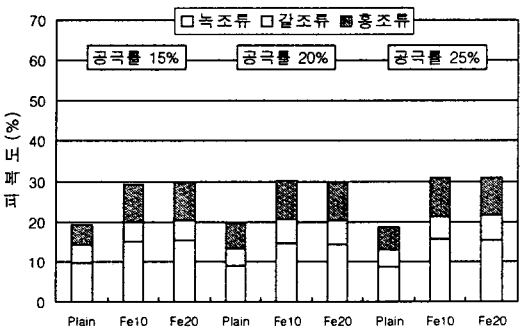

그림 3 침지기간별 조류의 피복도(3개월)

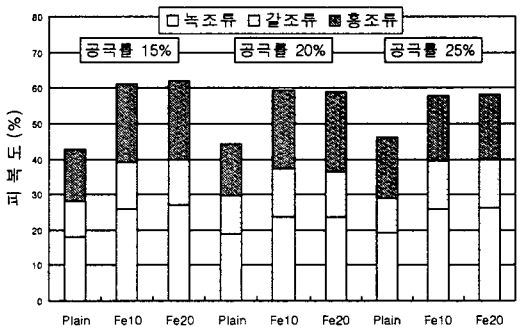

그림 4 침지기간별 조류의 피복도(6개월)

3.3 해양동물의 종류 및 개체수 측정

그림 5와 6은 배합요인별 해양동물의 종류별 개체수를 나타낸 것이다. 이를 고찰하여 보면 해양동물의 부착 및 생육은 침지기간이 3개월일 때 총 26~36개의 개체가 생육하고 있었으며, 침지기간이 6개월인 경우는 총 52~64개의 개체가 생육하고 있는 것으로 나타나, 침지기간이 길수록 해양생물의 부착이 원활한 것으로 나타났다. 또한 시멘트 코팅입상비료를 혼입하지 않은 경우에 비하여 혼입한 경우의 개체수는 침지기간이 3개월인 경우 크게 증가했으며, 침지기간이 6개월인 경우에도 증가했으나 증가율이 3개월에 비해 작게 나타났다.

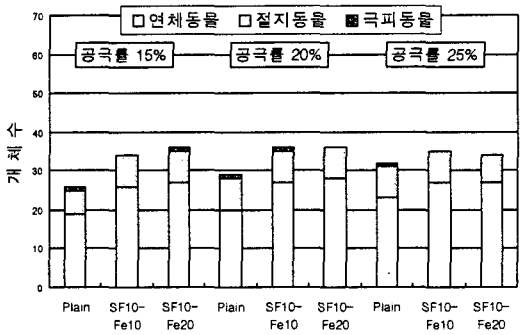

그림 5 해양동물군의 부착상태(3개월)

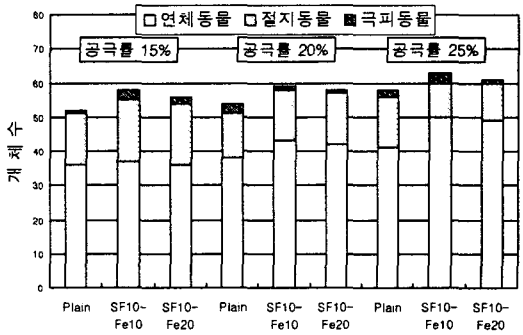

그림 6 해양동물군의 부착상태(6개월)

4. 결 론

본 연구는 해조류 등 해양다양성 생물의 조기착상과 성장을 위한 조장조성용 포러스콘크리트의 생물부착 특성에 대하여 연구하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 모든 조건에서 입상비료의 혼입률이 증가할수록 공극률은 다소 감소했으며, 동일 조건에서 목표공극률과 입상비료의 혼입률이 증가함에 따라 압축강도가 감소하는 것으로 나타났다.
2) 조장조성용 포러스콘크리트를 3개월 침지한 경우는 표면에 각종 조류의 포자가 부착되어 생육이 시작되며, 6개월 침지한 경우에는 포자의 부착과 성장이 진행되어 시험체 표면에 조류로 피복되는 것으로 나타났다.
3) 침지기간에 따른 해양동물의 부착특성은 침지기간이 길수록, 입상비료를 혼입한 경우가 혼입하지 않은 경우에 비하여 부착능력이 향상되는 것으로 나타나 침지기간 초기에 영양염 용출로 인한 해양식물의 부착 및 생육으로 인해 해양동물의 생육에 필요한 서식환경을 제공하기 때문에 코팅입상비료를 사용한 경우가 개체수가 많은 것으로 판단된다.
4) 입상비료를 혼입한 조장조성용 포러스콘크리트의 생물부착특성의 분석결과 양호한 압축강도와 생물부착특성을 위해서 입상비료 혼입률을 10% 사용하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

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. 吉田宗久 外, "沿岸域の生物多様性を修復するポーラスコンクートに關する硏究", コンクート工學年次論文集, Vol.23, No.1, pp.181-186, 2001.
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. 880~885, 1992.