

특수처리 입상비료를 이용한 포러스콘크리트의 해양식물 부착특성에 관한 연구

Marine Plant Adhesion Properties of Porous Concrete Using Specially Treated Granular Fertilizer

이 병 재^{*} 박 승 범^{*} 이 준^{**} 손 성 우^{**} 조 광 연^{***}
Lee Byung Jae Park Seong Bum Lee Jun Son Sung Woo Cho Kwang Yeon

ABSTRACT

This study examined plant adhesion characteristics of the porous concrete that used specially treated granular fertilizer for field application, which was used for the restoration of the marine ecosystem. The results of the experiment showed that nutrient eruption amount, the destruction and dissolution ratio tended to decrease when the coating thickness was increased. The void ratio and compressive strength tended to decrease when the specially treated granular fertilizer mixing ratio was increased. According to these results, the appropriate thickness of coating for cement coated granular fertilizer was 1.0mm. The adhesion ability of marine plant to porous concrete was superior when the cement coated granular fertilizer was mixed. Therefore, the appropriate cement coated granular fertilizer mixing ratio of 20% with a coating thickness of 1.0mm is thought to be a factor when considering the strength of the porous concrete for marine ecosystem restoration and the adhesion characteristics of marine plant.

1. 서 론

최근 국내 연안해역에서의 무분별한 개발과 해양 환경오염 등으로 인하여 광대한 조장이 소실되어감에 따라 관계당국에서는 훼손된 연안해역의 생태계 복원과 어족자원의 확보를 위하여 해양목장을 조성하고 있다. 이에 조장복원용 시설로서, 내부에 형성된 다량의 연속공극과 넓은 비표면적으로 투수, 투기, 생물의 서식공간 제공 및 수질정화 특성 등의 우수한 친환경적 기능을 가진 포러스콘크리트의 개발에 주목하게 되었다. 또한, 훼손된 조장지역에 포러스콘크리트를 적용할 경우 생태계의 보다 빠른 회복을 위해 해양식물의 착상 및 서식에 필요한 영양분을 지속적으로 공급해 줄 필요가 있으며, 이를 위해서 콘크리트용 재료로서 사용이 가능하며 조장복원 성능향상 효과가 우수한 특수처리 입상비료의 개발 및 적용연구가 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 성능향상을 위하여 특수처리 입상비료를 이용한 해양생태계 복원용 포러스콘크리트의 배합요인별 물리·역학적 특성과 해양식물의 부착 및 서식능력을 조사·분석하였다.

2. 실험개요 및 실험방법

2.1 사용재료 및 실험계획

본 연구에서 사용된 재료는 표 1과 같으며, 해양식물의 부착성능 향상요소로 질소계 및 인계 입상비료를 사용하였다. 그러나 일반 시중의 입상비료는 자체 경도가 낮아 콘크리트용 재료로 직접 사용하기에는 부적합하므로 혼합시 비료의 파괴방지와 영양염의 지속적인 용출을 위하여 특수 환형기를 이용하여 시멘트 및 수지(PAE : Poly-Acryl Emulsion) 코팅처리를 하였다.

* 정회원, 충남대학교 토목공학과 교수
** 정회원, 충남대학교 대학원 토목공학과
*** 정회원, 광주영산정보대학 교수

표 1 사용된 재료의 종류 및 물리적 성질

재료	종류	물리적 성질 및 조성
시멘트	고로슬래그시멘트	슬래그미분말 함량 30%, 밀도 3.02g/cm ³ , 분말도 4,091cm ² /g
골재	부순돌 (5~13mm)	밀도 2.69g/cm ³ , 흡수율 0.84%, 실적률 60.6%, 단위용적질량 1,693kg/m ³
혼화제	감수제 (Mighty-150)	나프탈렌 설폰산염 고축합물계, 밀도 1.20, pH 7~9, 고형물 함량 41~45%
특수처리 입상비료	시멘트 코팅 입상비료	입도 3~6mm, 밀도 2.10g/cm ³ , 단위질량 1,165kg/m ³ , 흡수율 7.99%
	수지 코팅 입상비료	입도 2~5mm, 밀도 1.73g/cm ³ , 단위질량 986kg/m ³ , 흡수율 9.54%

표 2 실험조건별 배합요인

시리즈 I		시리즈 II	
실험 조건	배합변수	실험 조건	배합변수
W/B (%)	25	W/B(%)	25
목표 흐름값 (%)	180	목표 흐름값 (%)	180
목표 공극률 (%)	20	목표 공극률 (%)	15, 20, 25
특수처리 입상비료 코팅두께 (mm)	CGF 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 RGF 0.1, 0.3, 0.5	특수처리 입상비료 코팅두께 (mm)	CGF 1.0
특수처리 입상비료 혼입률 (%)	CGF 20, RGF 20	특수처리 입상비료 혼입률 (%)	CGF 10, 20, 30
실험 항목	용해율, 파괴율, 용출량	실험 항목	공극률, 압축강도, 해양식물 부착특성

2.2 실험방법

2.2.1 특수처리 입상비료의 파괴율 및 용해율

특수처리 입상비료를 시멘트량의 일정비율만큼 혼입하여 공시체를 제작하고, 굳지 않은 포러스콘크리트를 물-씻기분석방법을 이용하여 파괴되지 않은 특수처리 입상비료를 선별한 후 당초 투입된 특수처리 입상비료의 양과 질량법으로 비교하여 파괴율을 측정하였다. 특수처리 입상비료의 자체 용해율을 측정하기 위하여 특수처리 입상비료를 일정한 유속으로 흐르는 인공수로에 침지시킨 후 소정의 기간마다 질량 변화율을 측정하여 용해정도를 평가하였다.

2.2.2 특수처리 입상비료를 혼입한 포러스콘크리트의 영양분 용출량

질소계 및 인계의 특수처리 입상비료를 시멘트 질량비 20%로 혼입하여 공시체를 제작한 후 해수에 일정기간 동안 침지시킨 후 꺼내어 활성탄으로 처리한 7l의 물에 투입하고 일정기간 후 공시체로부터 용출되는 질소 및 인농도를 성분분석기를 이용하여 측정하였다.

2.2.3 공극률 및 압축강도 시험

공극률은 일본콘크리트공학협회 『포러스콘크리트의 공극률 시험방법(안)』 중 용적법에 준하여 산출하였으며, 압축강도 시험은 KS F 2405 『콘크리트의 압축강도시험방법』에 준하여 측정하였다.

2.2.4 해양식물 부착시험

포러스콘크리트의 해양생물 부착특성을 평가하기 위하여 60×60×10cm의 패널공시체를 제작하여 남해안 창선도 연안을 비롯한 3개소에 공시체를 침지하고 6개월 후에 공시체를 꺼내 표면에 부착되어 있는 해양식물의 부착정도를 Digital analyzer와 Image analysis program을 이용하여 공시체의 해양식물 피복정도를 측정하였다.

2.3 배합 및 공시체 제작

혼합은 시멘트 페이스트의 분산성을 향상시키기 위하여 옴니믹서를 사용하여 먼저 시멘트, 골재를 투입하여 1분간 건비빔을 실시한 후 혼합수(물+혼화제)를 투입하여 270초 동안 혼합하여 유동성을 부여한 후 마지막으로 특수처리 입상비료를 투입하여 30초간 다시 혼합하는 분할투입법식으로 하였다. 시험용도별 공시체는 일본콘크리트공학협회 『포러스콘크리트의 설계·시공법 확립에 관한 연구위원회 보고서』를 참조하여 포러스콘크리트를 각 소요의 몰드에 1/2씩 채운 후 각 층마다 표면진동형 다짐기를 이용하여 공시체를 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 특수처리 입상비료의 용해율 및 파괴율

시멘트 및 수지 코팅 처리된 입상비료를 이용한 포러스콘크리트 제조시(믹싱+다짐) 입상비료의 파괴율과 비료 자체의 용해율 측정결과는 그림 1과 같다. 특수처리 입상비료의 용해율은 모든 코팅두께에서 인공수로의 침지일수가 경과함에 따라 용해율은 증가하는 것으로 나타났으며, 침지 180일에서는 수지코팅과 시멘트코팅의 경우 각각 약 63.5~85.4%, 27.8~59.0%의 용해율을 나타냈다. 또한, 코팅두께에 따른 영향은 두께가 증가할수록 용해율은 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 수지코팅의 경우 0.3mm, 시멘트 코팅의 경우 1.0mm 이상에서는 용해율 감소경향이 뚜렷하게 나타났다.

파괴율의 경우 코팅두께가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, 시멘트 코팅처리 입상비료는 코팅두께가 1.0mm이상 이상에서 파괴율이 5.0% 이하로 감소되어 안정화되는 것으로 나타났지만, 수지처리 입상비료는 파괴율이 코팅두께 0.5mm에서도 파괴율이 18.0%로 나타났다. 따라서 상기 비료의 파괴율 및 인공수료에서의 비료성분 용해율만을 고려했을 경우 입상비료는 시멘트 코팅 1.0mm가 적절할 것으로 판단된다.

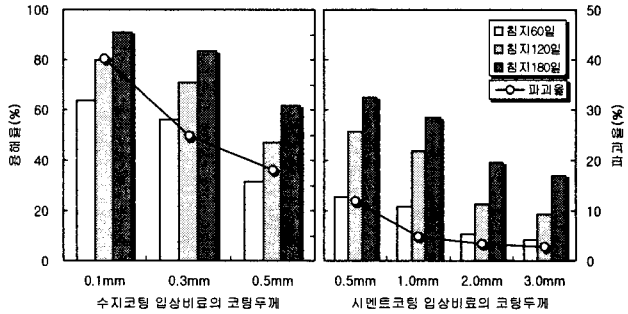


그림 1 특수처리 입상비료의 코팅두께별 용해율과 파괴율

3.2 특수처리 입상비료를 혼입한 포러스콘크리트의 영양분 용출량

그림 2는 특수처리 입상비료를 혼입한 포러스콘크리트의 영양분 용출량(질소, 인농도)을 측정된 결과로서, 침지일수가 증가함에 따라 질소계 비료를 혼입한 경우 1.0mm에서 9.8~74.8mg/l의 농도를 나타내 침지 후 6개월까지는 지속적인 영양염을 용출하는 것으로 나타났다. 비료 성분에 따른 용출특성은 비료 성분의 용해정도의 차이에서 기인하여 용출량의 차이를 보였으나, 전체적인 경향은 질소계와 인계가 비슷하게 나타났다. 또한, 특수처리 입상비료를 혼입하지 않은 공시체도 침지 30일 이후부터는 미량의 영양염을 용출하는 것으로 나타났으나, 이는 공시체에 흡수되어 있는 해수로부터 용출된 것으로 판단된다.

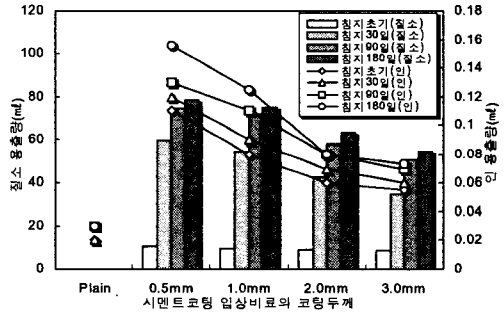


그림 2 특수처리 입상비료의 코팅두께별 질소 및 인의 용출량

3.3 특수처리 입상비료를 혼입한 포러스콘크리트의 공극률 및 압축강도

특수처리 입상비료의 혼입률 및 목표공극률에 따른 포러스콘크리트의 공극률 측정 결과는 그림 3과 같다.

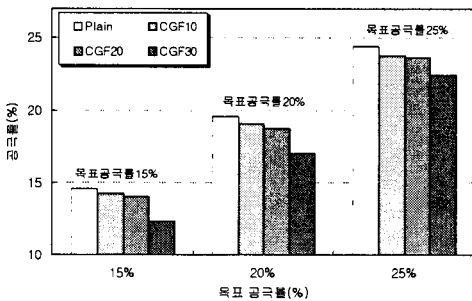


그림 3 특수처리 입상비료의 혼입률 및 목표공극률에 따른 실측공극률

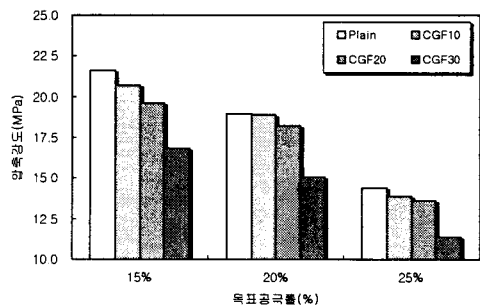


그림 4 특수처리 입상비료의 혼입률 및 목표공극률에 따른 압축강도

입상비료의 혼입률이 증가함에 따라 공극률은 다소 감소하는 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 특수처리된 입상비료를 혼입할 경우 골재와 골재사이에 형성된 공극을 입상비료가 충전시켰기 때문으로 판단된다. 특히 입상비료 혼입률 30%이상에서는 급격한 공극률 감소를 나타내 목표공극률을 충족시키지 못하는 것으로 나타났다.

목표공극률 및 특수처리 입상비료 혼입률에 따른 압축강도 시험결과는 그림 4와 같다. 특수처리 입상비료의 혼입률 20% 정도까지 압축강도는 저하되는 경향을 보였으나, 그 이상의 혼입률에서는 압축강도가 크게 저하되어 Plain의 경우에 비하여 최대 78%의 강도감소를 나타냈다. 이러한 원인은 과도한 입상비료의 혼입으로 배합시 골재를 피복시켜야할 결합재가 입상비료를 다시 한번 코팅함으로써 상대적으로 골재의 결합재 피복량 감소 및 골재와 골재의 접점면적 감소로 강도가 저하된 것으로 판단된다.

3.4 특수처리 입상비료를 혼입한 포러스콘크리트의 해양생물 부착특성

해수 중에 6개월 동안 침지한 시험체의 해양식물 부착정도 및 표면 상태는 그림 5와 같다. 입상비료의 혼입에 따른 해양식물 부착특성은 Plain에 비하여 9.35~50.1% 정도의 부착능력 향상효과를 나타내어 해양식물의 착상에 필요한 영양염을 충분히 제공할 수 있음을 확인하였다. 포러스콘크리트의 경우, 일반콘크리트의 경우보다 우수한 해조류 부착능력을 나타내어 약 220~320%정도 우수한 결과를 보였다. 또한, 목표공극률이 증가함에 따라 해조류의 부착정도도 증가하였으나, 20% 이상에서는 그 경향이 다소 둔화되는 것으로 나타났고, 이는 해양식물이 부착할 수 있는 정도의 공극만 있다면 더 이상의 조건에서는 부착특성의 향상효과가 미미한 것으로 판단된다.

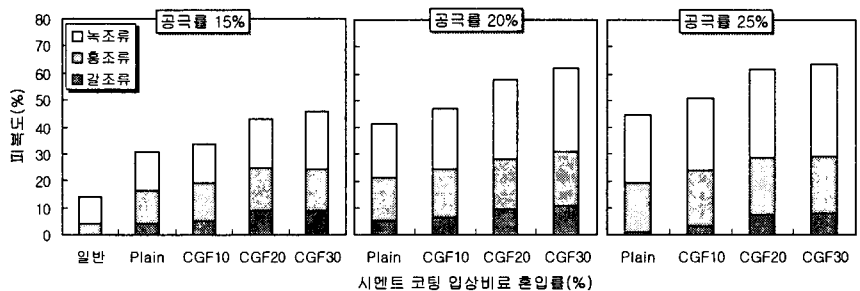


그림 5 포러스콘크리트의 해양식물 부착정도(침지 6개월 후)

4. 결 론

특수처리 입상비료를 이용한 포러스콘크리트의 물리·역학적 특성과 해양생물 부착특성을 평가한 결과는 다음과 같다.

- (1) 특수처리 입상비료의 용해율과 파괴율을 동시에 고려하면 시멘트 코팅 1.0mm가 적정할 것으로 사료되며, 용출량은 침지초기부터 180일까지 지속적인 영양염을 용출하여 훼손된 해양생태계 복원을 위한 향상요소로 적합하다고 판단된다.
- (2) 특수처리 입상비료 혼입에 따른 포러스콘크리트의 공극률은 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, 압축강도의 경우에는 혼입률 20%까지는 입상비료 혼입에 따른 영향은 미미한 것으로 나타났으나 그 이상에서는 강도가 급격하게 감소하는 것으로 나타났다.
- (3) 포러스콘크리트의 해양식물 부착능력은 모든 시험조건에서 일반콘크리트에 비해 월등한 성능을 발현하였고, 특수처리 입상비료를 혼입한 경우에는 최대 40.8%의 성능향상 효과를 나타냈다.
- (4) 따라서, 포러스콘크리트의 역학적 특성을 만족하면서 해양식물의 부착을 우수하게 하기 위해서는 특수처리 입상비료를 1.0mm의 두께로 시멘트 코팅 처리한 것을 사용하고, 목표공극률 및 입상비료의 혼입률은 20%를 이용하여 제작하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업(03산학연 A08-02)의 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 박승범, "신편 토목재료학" 문운당, 2004
2. 日本コンクリート工學協會, "ポラスコンクリートの 設計·施工法の確立に關する研究委員會報告書", 2003.