

시멘트 코팅 입상비료를 이용한 조장조성용 포러스콘크리트의 특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Porous Concrete For Kelp Forest Regeneration Using Cement Coating Granular Fertilizer

박 승 범* · 이 준** · 김 정 환** · 서 대 석** · 이 병 재** · 송 재 립**

Park Seong Bum · Lee Jun · Kim Jeong Hwan · Seo Dae Seuk · Lee Byung Jae · Song Jae Lib

ABSTRACT

The Purpose of this study is to develop the method for early recovery of the biodiversity in the oligotrophical costal area. The result of this study, the dissolution ratio is superior in the case which the cement coating thickness of the granular fertilizer is below 1mm. From the failure-side it is judged with the fact that appropriate to use the separate charging method and vibration compaction method. For the cases of the mixing ratio of cement coating granular fertilizer, there was not any clear tendency for the change of the strength up to 20% of the mixing ratio. However, at the 30% mixing ratio, decrease of the strength was noticed. So it can be concluded that the stability can be achieved in the range of 20% and below.

1. 서 론

최근 우리나라는 연안해역에서의 매립, 불법투기, 기름유출 등에 의한 환경오염과 담수호 조성 및 간척사업 등에 의한 해양생태계 파괴 등으로 광대한 조장소실의 피해가 크게 증가하고 있어 해조류 및 어패류 등 해양수산자원의 고갈현상이 심화되고 있는 실정이다. 따라서, 이를 해결하기 위한 일환으로 콘크리트 내부에 다량의 연속공극을 함유하고 있어 투수, 투기, 식생, 수질정화 등의 성능이 우수한 포러스콘크리트를 조장조성 및 연안해역의 환경수복 요소로서 이용하고자하는 연구들이 주목받고 있다. 또한 훼손된 조장지역의 조기복원을 위해서는 포러스콘크리트에 해양생물의 원활한 착상 및 성장에 필요한 영양분을 일정기간 동안 지속적으로 공급해 줄 필요가 있으며, 이에 대한 대책으로서 입상비료를 연안해역의 조장복원을 위한 포러스콘크리트의 성능향상 재료로 사용하면 가능 할 것으로 예상된다. 하지만, 콘크리트의 배합 및 다짐에 의한 입상비료의 파괴방지와 해양식물의 성장에 필요한 영양분을 일정기간 동안 꾸준히 용출시키기 위해서는 비료의 표면에 특수처리가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 입상비료의 영양분 용출지속성 유지와 포러스콘크리트 제작시 입상비료의 파괴를 방지하기 위해 시멘트 페이스트를 사용하여 표면 코팅을 한 후 각각의 코팅 두께에 따른 특성과 이를 이용해 제작한 포러스콘크리트의 물리·역학적 특성을 분석하였다.

2. 실험재료 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에서 사용된 시멘트는 밀도 3.02g/cm^3 , 분말도 $4,091\text{cm}^2/\text{g}$ 의 고로슬래그 함량이 30%인 고로슬래그 시멘트를 사용하였다.

*정회원, 충남대학교 토목공학과 교수

**정회원, 충남대학교 토목공학과

2.1.2 골재

골재는 충남 금산 H사의 화강암질의 부순돌을 사용하였으며 물리적 특성은 표 1과 같다.

표 1 골재의 물리적 특성

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

2.1.3 시멘트 코팅 입상비료

본 실험에서 사용한 시멘트 코팅 입상비료의 물리적 특성은 표 2와 같다.

표 2 입상비료의 물리적 특성

입도(mm)	코팅두께(mm)	밀도(g/cm ³)	단위용적질량(kg/m ³)	흡수율(%)	실적률(%)
3.0~6.0	1.0	2.10	1,165	7.99	58.3

2.1.4 혼화제

시멘트 분산작용에 의해 콘크리트의 성질을 개선시키는 감수제로서, 일본 K사 제품의 나프탈렌 설폰 산염 고축합물계인 Mighty-150을 사용하였다.

2.2 콘크리트의 배합

배합은 W/C 25%, 목표공극률 20%로 설정하고, 시멘트 코팅 입상비료의 혼입량을 시멘트 질량비를 0, 5, 10, 20% 적용하여 배합설계를 실시하였다. 믹싱은 시멘트페이스트의 분산성을 향상시키기 위해 30ℓ의 옴니믹서를 사용하였으며, 혼합방법은 시멘트, 골재를 혼합한 후 혼합수를 투입하여 다시 혼합하고 시멘트 코팅 입상비료를 첨가하여 혼합하는 분할투입방법을 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 용해율 측정방법

인공수에 시멘트 코팅 입상비료를 투입하여 일정 유속으로 물을 흐르게 한 다음 각각의 침지일(6, 120, 180일)에 대한 시멘트 코팅 입상비료의 질량변화를 측정하여 용해율을 측정하였다.

2.3.2 파괴율 측정방법

조장조성용 포러스콘크리트의 혼합 및 성형시 시멘트 코팅 입상비료의 파괴율을 측정하기 위해 일괄 투입방법과 분할투입방법으로 나누어 시험을 실시하였다. 또한, 다짐방법에 따른 입상비료의 파괴율을 분석하기 위해 봉다짐과 진동다짐으로 $\phi 10 \times 20$ cm의 원주형 공시체를 제작하고, 제작된 굳지 않은 콘크리트를 물-씻기분석방법을 이용하여 파괴되지 않은 시멘트 코팅 입상비료를 선별하여 당초 배합시 투입된 비료의 양과 선별된 비료의 양을 질량법으로 비교하여 파괴율을 측정하였다.

2.3.3 공극률 시험

조장조성용 포러스콘크리트의 공극률 측정은 일본콘크리트공학협회 포러스콘크리트의 설계·시공법 확립에 관한 연구위원회 보고서 『포러스콘크리트의 공극률 시험방법(안)²⁾』 중 용적법에 준하여 측정하였다.

2.3.4 압축강도시험

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

3. 실험결과 및 고찰

3.1 용해율

시멘트 코팅 입상비료의 용해율은 침지일이 경과함에 따라 증가하는 것으로 나타나 침지 180일에서 38~65.2%의 용해율을 나타냈다. 또한 코팅두께에 따른 용해율 특성을 고찰하여 보면 시멘트 코팅 입상비료의 코팅두께가 증가할수록 동일한 침지 시간에서 용해율이 감소하는 경향을 나타냈으며, 코팅두께가 0.5mm일 경우 입상비료의 용해율은 25.4%~65.2%, 1mm일 경우 21.7%~54.8%, 2mm일 경우 10.7%~39.2%, 3mm일 경우 8.5%~34.2%로 감소하였다. 또한, 코팅두께가 0.5mm에서 1mm로 증가할 때는 그 차이가 미비하였으나, 코팅두께 2mm이상에서는 급격한 용해율 감소 경향을 나타냈다.

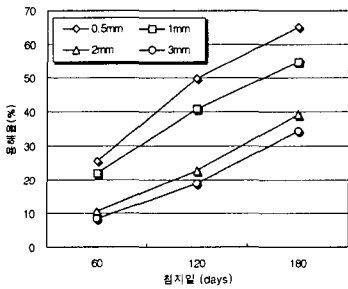


그림 1 침지일에 따른 시멘트코팅 입상비료의 용해율

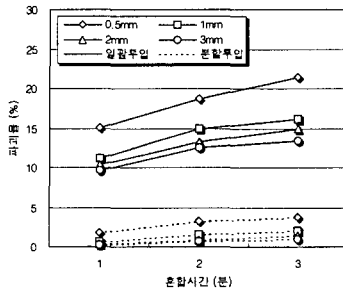


그림 2 시멘트코팅 입상비료의 혼합 방법 및 혼합시간에 따른 파괴율 (%)

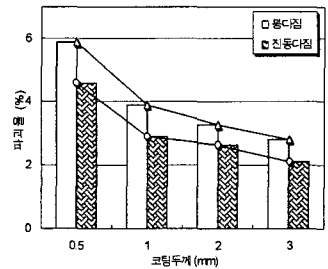


그림 3 다짐방법 따른 시멘트코팅 입상비료의 파괴율(%)

3.2 파괴율

혼합방법 및 혼합시간에 따른 파괴율 시험결과 혼합시간이 증가함에 따라 파괴율은 증가하였으며, 분할투입방법이 일괄투입방법에 비하여 파괴율이 작은 것으로 나타났다. 이러한 원인은 분할투입방법의 경우, 혼합시 시멘트 페이스트에 의해 골재와 입상비료사이의 유동성을 확보해줌으로서 일괄투입방법에 비하여 시멘트 코팅 입상비료의 파괴율이 현저히 작은 것으로 판단된다. 또한, 시멘트 코팅두께가 0.5mm에서 1mm로 증가할 때는 파괴율이 급격히 감소하나 3mm 이상에서는 코팅두께 증가에 따른 파괴율 감소경향이 둔화되는 것으로 나타났다.

시멘트 코팅 입상비료의 코팅두께별 다짐방법에 따른 파괴율 시험결과는 코팅두께가 증가할수록 파괴율은 감소하는 경향을 나타냈으며, 진동다짐의 경우 코팅두께가 0.5mm일 때 4.6%, 1mm일 때 2.9%, 2mm일 때 2.7%, 3mm일 때 2.1%로 나타났고, 봉다짐의 경우 코팅두께가 0.5mm일 때 5.9%, 1mm일 때 3.9%, 2mm일 때 3.3%, 3mm일 때 2.8%로 각각 나타났다. 특히, 코팅두께가 0.5mm에서 1mm로 증가할 때 급격히 파괴율이 작아지는 경향을 보이고, 1mm에서 3mm로 증가할 때 감소율은 완만한 것으로 나타났다. 또한, 봉다짐의 경우 진동다짐의 보다 파괴율이 0.7%~1.3% 만큼 더 크게 나타났는데, 이는 진동다짐의 경우에는 다짐에너지가 입상비료에 간접적으로 전달되지만, 봉다짐의 경우 직접적인 타격에너지가 전달되어 파괴율이 높은 것으로 판단된다.

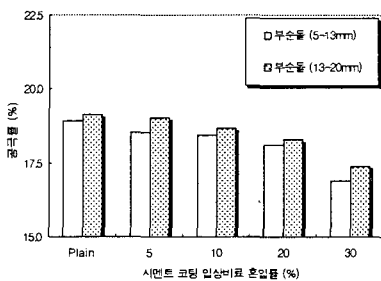


그림 4 시멘트 코팅 입상비료 혼입율에 따른 조장조성용 포러스콘크리트의 공극률

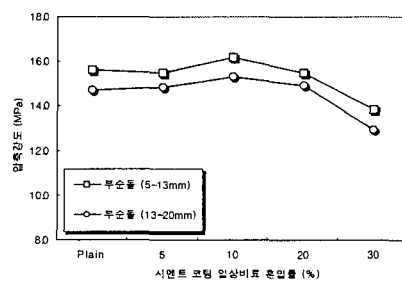


그림 5 시멘트 코팅 입상비료 혼입율에 따른 조장조성용 포러스콘크리트의 압축강도

3.3 공극률

시멘트 코팅 입상비료 혼입률에 따른 조장조성용 포러스콘크리트의 공극률 특성을 고찰하여보면, 입상비료의 혼입률이 증가함에 따라 공극률은 다소 감소하는 경향을 나타냈으며, 부순돌 입도 5~13mm의 경우 시멘트 코팅 입상비료 혼입률이 증가됨에 따라 입상비료를 혼입하지 않은 Plain의 경우에 비하여 최대 89.2%, 13~15mm의 경우에는 90.8%의 공극률을 나타냈다. 이러한 감소경향은 시멘트 코팅 입상비료가 포러스콘크리트 내부에 형성된 공극을 채우기 때문으로 판단된다. 또한 시멘트 코팅 입상비료 혼입률 30%에서는 배합설계시 계획했던 목표공극률과 최대 3.11%의 공극률 차이를 나타내 목표공극률을 만족시키기 못하는 것으로 나타났다.

3.4 압축강도

시멘트 코팅 입상비료 혼입률에 따른 조장조성용 포러스콘크리트의 압축강도를 고찰하여 보면, 입상비료 혼입률 20%까지는 강도의 변동 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았으나, 입상비료 혼입률 30%에서는 강도가 감소하는 것으로 나타나 Plain의 경우에 비하여 약 87.7~89.3%의 강도를 나타냈다. 이와 같이 입상비료 혼입률 20%까지 강도의 증가 및 감소 경향이 뚜렷하지 않은 이유는 입상비료의 혼입률 증가로 인하여 공극률은 감소하였으나, 배합시 시멘트 페이스트가 입상비료를 다시 한번 피복함으로써 상대적으로 골재에 피복되어지는 페이스트량 또한 감소하여 공극률 감소에 의한 강도증가 경향과 피복되는 시멘트 페이스트량 감소로 인한 강도감소 경향이 서로 상쇄되었기 때문으로 판단된다. 또한 시멘트 코팅 입상비료 혼입률 30%에서는 과도한 비료의 혼입으로 흡수율이 골재보다 높은 시멘트 입상비료에 의해 콘크리트의 유동성 감소되어 공시체 제작이 다소 곤란하고, 골재의 시멘트 페이스트 피복두께가 과도하게 감소해 압축강도가 감소한 것으로 판단된다. 또한 골재입도 차이에 따른 압축강도 특성은 모든 입상비료 혼입률에서 골재 입도가 큰 경우 보다 작은 경우 우수한 강도 특성을 나타냈으며 이는 골재입도가 작을수록 골재와 골재사이의 접점이 증가하여 강도시험을 위한 하중재하시 분산시킬수 있는 면적이 증가했기 때문으로 판단된다.

4. 결 론

입상비료의 시멘트 코팅 두께에 따른 품질특성과 이를 이용한 조장조성용 포러스콘크리트의 물리·역학적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) 시멘트 코팅 입상비료의 용해율 특성은 침지일이 증가함에 따라 용해율은 증가하여 침지 180일에서는 최대 62.5%의 용해율을 나타냈으며, 시멘트 코팅 두께가 1mm를 초과할 경우 급격한 용해율 감소를 나타냈다. 시멘트 코팅 입상비료의 파괴율 특성은 코팅 두께가 증가함에 따라 파괴율이 감소하는 경향을 나타냈고, 코팅두께 1mm이상에서는 파괴증가 경향이 둔화되는 것으로 나타났다. 또한 혼합방법 및 다짐방법에 따른 영향은 분할투입방식과 진동다짐의 경우가 상대적으로 우수한 파괴저항성을 나타냈다.
- (2) 조장조성용 포러스콘크리트의 공극률 특성은 시멘트 코팅 입상비료의 혼입률이 증가함에 따라 공극률은 감소하는 것으로 나타났고 압축강도의 경우에는 혼입률 20%까지는 증가에 따른 강도 경향은 뚜렷하지 않았으나 이를 초과하는 경우 강도 감소경향이 뚜렷한 것으로 나타났다.
- (3) 따라서, 조장조성용 포러스콘크리트의 성능향상 요소로서 시멘트 코팅 입상비료를 사용할 경우 코팅두께는 1mm정도, 혼입률은 20% 이내로 하고, 분할투입방법 및 진동다짐을 이용하여 콘크리트를 제작하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설핵심기술연구개발사업의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 박승범, “신편 토목재료학” 문운당, 2004
2. 日本コンクリート工學協會, “ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書”, 2003.