

조장조성용 포러스콘크리트의 물리·역학적 특성에 관한 실험적 연구

A Study on the Physical and Mechanical Properties of Kelp Forest Regeneration Porous Concrete

서 대 석**
Seo, Dae seuk
이 준**
Lee, Jun

박 승 범*
Park, Seong Bum
장 영 일**
Jang, Young Ill

조 광 연***
Cho, Gwang yeon
이 윤 선**
Lee, yoon Sun

ABSTRACT

The Purpose of this study is to develop 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. The physical and mechanical properties, such as water permeability, void ratio, compressive strength of porous concrete with granulated fertilizer are discussed.

1. 서론

우리나라는 반도국가인 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 연안국으로서 해양환경관리에 대한 해양환경 보호의무는 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 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 식생능이 우수한 콘크리트로서 이에 대한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 해양환경 하에서 생물부착이 양호하고 탄소, 질소, 규소, 인 등의 영양염의 공급을 위하여 입상비료를 이용한 조장조성용 포러스콘크리트를 제조하고, 사용골재의 입도와 목표공극률, 입상비료의 혼입량에 따른 물리·역학적 특성을 구명하여 현장적용을 위한 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다.

* 정희원, 충남대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 충남대학교 토목공학과

*** 정희원, 공주영상정보대학교 교수

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에서 사용된 시멘트는 국내 S사의 밀도 3.04g/cm^3 , 분말도 $4091\text{cm}^3/\text{g}$ 의 고로슬래그 함유량이 30%인 고로슬래그 시멘트를 사용하였다.

2.1.2 골재

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

표 1 골재의 물리적 특성

입 도	단위용적질량(kg/m^3)	밀 도(g/cm^3)	흡수율(%)	실적율(%)
5~13mm	1,504	2.81	1.3	54.3
13~20mm	1,488	2.81	1.4	55.4

2.1.3 입상비료

본 연구에 사용된 입상비료는 질소계와 인계의 혼합비가 4:1인 복합비료를 시멘트페이스트를 사용하여 처리한 것으로 물리적 특성은 다음과 같다.

표 2 입상비료의 물리적 특성

입 도	단위용적질량(kg/m^3)	밀 도(g/cm^3)	흡수율(%)	실적율(%)
1.3~8mm	1,250	2.14	6.3	51.7

2.1.4 실리카폼

본 연구에 사용된 실리카폼은 호주 Elkem사의 920D제품을 사용하였으며 화학적 조성 및 물리적 특성은 표 3과 같다.

표 3 실리카폼의 화학적 성분 및 물리적 특성

화학적 성분(%)				물리적 특성			
SiO ₂	H ₂ O	CaO	lg.loss	Specific Gravity	Bulk density (kg/m^3)	Blain's (m^2/g)	Particle size (μm)
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 입상비료의 혼입량은 결합재의 10, 20, 30%, 혼화제 혼입율은 실리카폼 10%로 하여 골재입경은 5~13mm와 13~20mm, 목표공극률을 20, 25, 30%로 변화시켜 배합설계를 하였다. 믹싱은 시멘트페이스트의 분산성을 향상시키기 위해 30%의 옴니믹서를 사용하였으며, 혼합방법은 200rpm으로 시멘트, 골재와 입상비료를 혼입 후 1분간 건비빔을 하고 혼화제와 물을 첨가하고 3분간 비비는 분할투입방식을 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 투수계수시험

투수계수시험은 일본콘크리트공학협회 에코콘크리트연구위원회의 『포러스콘크리트의 투수계수 시험방법(안)』에 준하여 측정하였으며 투수계수를 계산하였다.

2.3.2 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 전공극율(%)

W₁ : 공시체의 수중질량(g)

W₂ : 24시간의 자연건조후 기건질량(g)

V : 공시체의 체적(cm³)

2.3.3 압축강도 시험

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

3. 실험결과 및 고찰

3.1 투수계수

그림 1과 2는 5~13mm와 13~20mm의 부순돌과 설계공극률과 입상비료의 혼입률에 대한 투수계수 시험결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 사용골재의 입도가 5~13mm이고 설계공극률이 20, 25, 30%로 증가함에 따라 각각 0.29~0.42, 0.67~0.81, 1.25~1.38cm/sec로 나타났으며, 13~20mm의 골재의 경우, 설계공극률이 20, 25, 30%로 증가함에 따라 각각의 투수계수는 1.63~2.12, 3.46~4.02, 5.51~6.98 cm/sec로 사용골재의 입도와 설계공극률이 증가함에 따라 투수계수는 증가하는 경향을 나타내었으며, 사용골재의 입도와 설계공극률이 일정할 때 입상비료의 혼입률이 증가함에 따라 투수계수는 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 사용골재의 입도가 5~13mm인 경우에 비하여 13~20mm의 경우가 공극의 크기가 크고 물의 흐름에 대한 저항이 작게 되기 때문으로 판단된다.

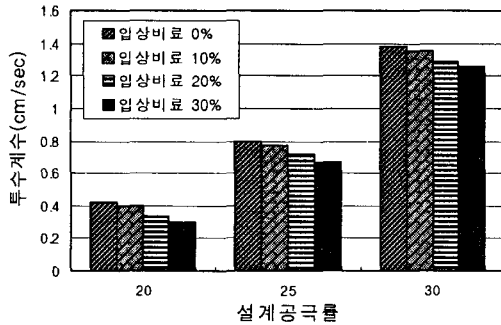


그림 1 투수계수(사용골재의 입도 : 5~13mm)

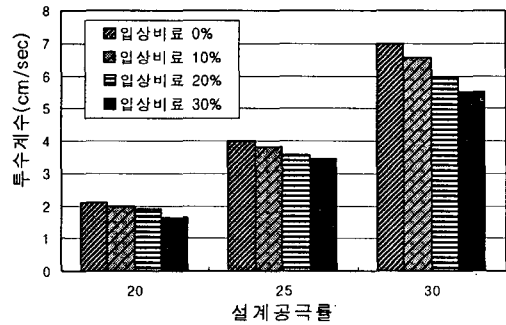


그림 2 투수계수(사용골재의 입도 : 13~20mm)

3.2 실측공극률

그림 3과 4는 사용골재의 입도와 설계공극률, 입상비료의 혼입률에 따른 설계공극률과 실측공극률과의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 사용골재의 입도가 5~13mm이고 설계공극률이 20, 25, 30%로 증가함에 따라 실측공극률은 16.3~19.5, 21.6~25.1, 26.3~29.8%로 나타났으며, 13~25mm 골재의 경우, 설계공극률이 20, 25, 30%로 증가함에 따라 각각의 실측공극률은 19.6~20.1, 24.1~25.4, 28.3~29.8%로 동일한 설계공극률에서 사용골재의 입도가 클수록 입상비료의 혼입에 대한 영향이 사용골재의 입도가 작은 경우에 비하여 작게 나타났으며, 사용골재의 입도가 큰 경우가 설계공극률과 실측공극률의 차이도 적게 나타났다.

3.3 압축강도

그림 5와 6은 설계공극률, 입상비료의 혼입률과 사용골재의 입도에 따른 압축강도와 관계의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 사용골재의 입도와 설계공극률이 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 나타냈다. 설계공극률이 25%에서 30%로 증가하는 경우의 압축강도에 대한 변화가 20%에서 25%로 설계공극률이 증가하는 경우의 압축강도의 변화보다 크게 나타났으며, 입상비료의 혼입률이 30%인 경우에는 압축강도가 현저하게 감소하는 경향을 나타냈다.

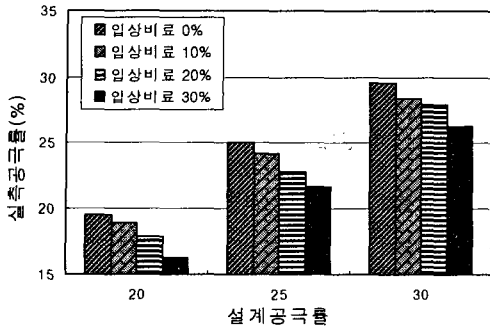


그림 3 실측공극률(사용골재의 입도 : 5~13mm)

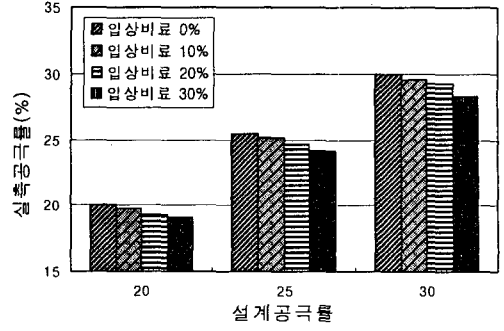


그림 4 실측공극률(사용골재의 입도 : 13~20mm)

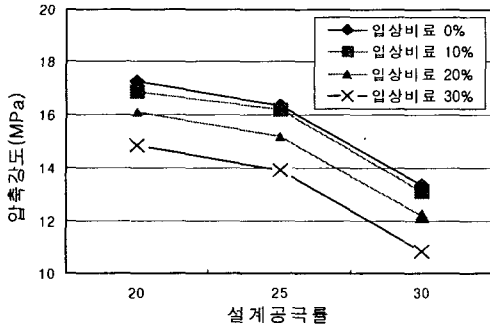


그림 5 압축강도(사용골재의 입도 : 5~13mm)

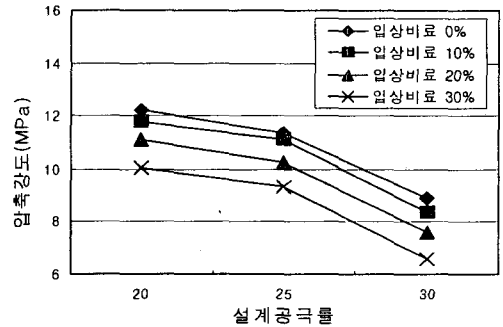


그림 6 압축강도(사용골재의 입도 : 13~20mm)

4. 결 론

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

- 1) 조장조성용 포러스콘크리트의 투수계수는 설계공극률과 사용골재의 입도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타냈으며, 입상비료의 혼입률이 증가함에 따라 투수계수는 다소 감소하는 경향을 나타냈다.
- 2) 사용골재의 입도와 입상비료의 혼입률에 따른 설계공극률과 실측공극률의 차이는 사용골재의 입도가 작고, 입상비료의 혼입률이 증가함에 따라 크게 나타났다.
- 3) 조장조성용 포러스콘크리트의 압축강도는 사용골재의 입도가 클수록 입상비료의 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, 특히 입상비료의 혼입률이 30%이상이고 설계공극률이 30%인 경우에 압축강도는 크게 감소하는 것으로 나타났다.
- 4) 질소, 인과 영양염을 갖는 입상비료를 혼입한 포러스콘크리트의 물리·역학적 특성을 분석결과 조장조성용 포러스콘크리트 2차제품으로의 적용이 가능한 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

1. 박승범, "신편 토목재료학" 문운당, 2004
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リートに関する研究", 콘크리트工学年次論文集, Vol.23, No.1, pp.181-186, 2001.
3. Tamai, M., Kawai, A. et. al., "Marine Epilithic Organisms on the Surface of Concrete with Continuous Voids and their use in Water Purifications", Report of Kinki University Research Institute, Vol.20, Oct., 1992