

다짐방법에 따른 포러스콘크리트의 물리·역학적 특성에 관한 연구

The Study on the Physical and Mechanical Properties of Porous Concrete according to Compaction Method

송재립* 박승범* 서대석* 이준* 장영일**
Song, Jae Lib Park, Seung Bum Seo, Dae Seuk Lee, Jun Jang, Young Ill

ABSTRACT

Recently, improvements in the standard of living in industrial area require the establishment of a convenient residential environment in order to enhance the quality of living. To achieve such an environment, it is necessary to effectively reduce or prevent various environmental problems occurring in and around residential areas. Although conventional concrete has been regarded as a destroyer of nature, water and air can pass freely through concrete when it is made porous concrete by forming continuous void. In view of the harmony between nature and concrete, various research paths are being taken focusing on coarse aggregates to make porous concrete having continuous voids so as to improve water and air permeability, acoustic absorption, water purification, and applicability to vegetation. In this study, the Physical and Mechanical Properties of porous concrete according to compaction method analyzed by void ratio, coefficient of permeability and compressive strength.

1. 서론

환경보전에 대한 인식전환이 범세계적으로 확산되고 있는 가운데 건설기술자들은 이러한 환경문제를 해결하기 위한 일환으로 콘크리트에 잔골재를 사용하지 않고 불연속 입도의 굵은 골재를 사용한 환경친화적 건설재료인 포러스콘크리트에 주목하여 다양한 방면에서 연구가 진행되고 있다. 연속공극을 많이 포함한 포러스콘크리트는 경화체속을 물과 공기가 자유롭게 통과하여 식생에 필요한 양분과 뿌리가 침입할 수 있어 식생생능이 효과적이고, 넓은 비표면적으로 인하여 투수성 및 흡음성을 가지며, 수질정화 성능이 우수하여 외국에서 많은 주목을 받고 많은 연구가 이루어지고 있다. 국내에서도 포러스콘크리트에 대한 관심이 높아져 연구가 활발하게 진행되어 투수성포장, 흡음벽, 식생용 호안블록, 포러스콘크리트 2차제품 등 여러 분야에 널리 활용되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 포러스콘크리트 2차제품의 제조를 위하여 제조공정에 있어서 포러스콘크리트의 다짐방법 및 다짐조건에 따른 물리·역학적 특성을 분석하였다.

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 연구에는 밀도 3.14g/cm³, 분말도 3200cm²/g의 국내 D사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

* 정희원, 충남대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 충남대학교 토목공학과

2.1.2 골재

본 연구에 사용된 골재는 충남 금산에서 생산된 화강암질 부순돌로서 입도에 따른 골재의 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 부순돌의 물리적 성질

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

2.1.3 혼화제

시멘트 분산작용에 의해 콘크리트의 성질을 개선시키는 감수제로서, 일본 K사 제품의 나프탈렌 설 분산염 고축합물계인 Might-150을 사용하였으며, 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2 혼화제의 물리적 성질

종류	성상	밀도(g/cm ³)	pH	고형분함량(%)
Mighty-150	Dark Brown Liquid	1.20	7~9	41~45

2.2 콘크리트의 배합 및 믹싱

포러스콘크리트의 다짐방법에 따른 특성을 분석하기 위하여 페이스트 흐름값 200%, 목표공극률 20%, 물-시멘트비를 25%로 설정하였으며, 포러스콘크리트의 혼합은 옴니믹서를 사용하여 시멘트와 골재를 투입하여 믹싱을 실시한 후 다시 혼합수(물+혼화제)를 투입하는 분할투입방법으로 실시하였으며, 다짐방법은 크게 타격에 의한 다짐(봉다짐, 램머다짐(낙회회수 10, 20, 30, 40회)), 진동에 의한 다짐(표면진동다짐, 테이블진동다짐(시간 10, 20, 30, 40초)), 무진동 가압에 의한 다짐방법(1, 2, 3MPa)으로, 봉다짐의 경우에는 일반 콘크리트와 같이 시료를 3층으로 나누어 타설하여 다짐을 실시하였고, 다른 다짐방법의 경우에는 시료를 1층으로 타설하여 각각의 다짐횟수, 시간, 압력에 맞도록 Φ10×20의 원주형 공시체를 제작하여 수중양생을 실시한 후 재령 28일에서 공극률, 투수계수 및 압축강도를 측정하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 전공극률시험

전공극률시험은 포러스콘크리트 설계·시공법 확립에 관한 연구위원회의 『포러스콘크리트의 공극률시험방법(안)』 중 용적법에 의하여 측정하였으며, 다음 식에 의하여 계산하였다

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

여기서, A : 콘크리트의 전공극율(%), W₁ : 공시체의 수중질량(g)
W₂ : 24시간의 자연건조 후 기건질량(g), V : 공시체의체적(cm³)

2.3.2 투수계수 시험

투수계수시험은 포러스콘크리트 설계·시공법 확립에 관한 연구위원회의 『포러스콘크리트의 투수계수 시험방법(안)』에 준하여 투수계수를 측정하였으며, Darcy 법칙에 근거하여 다음의 식에 의해 투수계수를 산출하였다.

$$K = \frac{H}{L} \times \frac{Q}{A(T_2 - T_1)}$$

여기서, K : 투수계수(cm/sec), T₂ - T₁ : 측정시간(sec), L : 공시체의 높이(cm)
H : 수위차(cm), A : 공시체의 단면적(cm²), Q : 유량(cm³)

2.3.3 압축강도 시험

압축강도는 Ø10×20cm 원주형 몰드에 콘크리트를 채우고 24시간 후 탈형하여 수중양생 후 KS F 2405에 준하여 일본 M사 제품(용량 100t)의 유압식 만능시험기를 사용하여 압축강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 타격다짐에 의한 포러스콘크리트의 물리·역학적 특징

그림 1은 타격다짐에 의한 포러스콘크리트의 공극률 및 투수계수를 나타낸 것으로 봉다짐의 경우에는

골재입도가 5~13mm의 경우가 13~20mm의 경우보다 약 3% 낮은 공극률을 나타냈다. 램머다짐의 경우에는 낙하회수 20회에서 목표공극률과 가장 근사한 공극률을 나타냈으나, 30회 이상의 낙하회수에서는 목표공극률보다 작은 공극률을 나타냈다. 이러한 경향은 램머의 낙하회수가 증가함에 따라 과다짐이 발생하여 목표공극률보다 작은 공극률을 나타낸 것으로 판단된다. 타격다짐에 의한 압축강도 특성은 그림 2와 같다. 이를 고찰하여보면 붕다짐의 경우에는 골재입도가 5~13mm의 경우가 13~20mm의 경우보다 약 8% 높은 압축강도를 나타냈다. 램머다짐의 경우 낙하회수 20회에서 가장 큰 압축강도를 나타냈으며, 램머 낙하회수 30회 이상에서는 램머 낙하회수 20회에 비하여 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 과다짐으로 인하여 공시체 상부의 골재가 일부 파괴되어 압축강도가 감소하는 경향을 나타낸 것으로 판단된다.

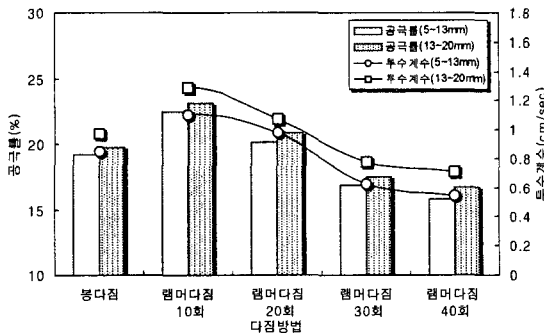


그림 1 타격다짐에 의한 공극률 및 투수계수

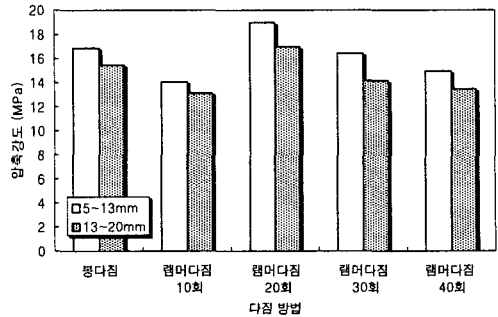


그림 2 타격다짐에 의한 압축강도

3.2 진동다짐에 의한 포러스콘크리트의 물리·역학적 특징

그림 3은 진동다짐에 의한 포러스콘크리트의 공극률 및 투수계수를 나타냈다. 이를 고찰하여보면 진동다짐의 경우에 있어서 진동시간이 증가함에 따라 공극률과 투수계수는 감소하는 경향을 나타냈으며, 표면진동다짐의 경우 20초, 테이블진동다짐의 경우 30초에서 목표공극률과 가장 근사한 값을 나타냈다. 이러한 경향은 진동다짐 초기에는 골재의 분포가 느슨하지만 진동다짐이 진행됨에 따라 골재의 분포가 조밀해지기 때문이라고 판단된다. 그림 4에 나타낸 진동다짐에 의한 압축강도 특성을 살펴보면, 표면진동다짐의 경우 20초, 테이블진동다짐의 경우 30초에서 가장 큰 압축강도를 나타냈으며, 표면진동다짐의 경우 30초, 테이블진동다짐의 경우 40초 이상에서는 압축강도가 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 경향은, 시멘트 페이스트가 갖는 고유점성 이상의 진동이 가해짐에 따라 페이스트가 공시체 하부로 침하되어 상대적으로 시멘트 페이스트 양이 적은 상부에서 파괴가 일어나 강도가 감소하는 것으로 판단된다.

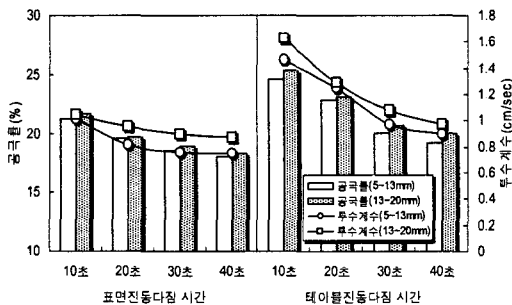


그림 3 진동다짐에 의한 공극률 및 투수계수

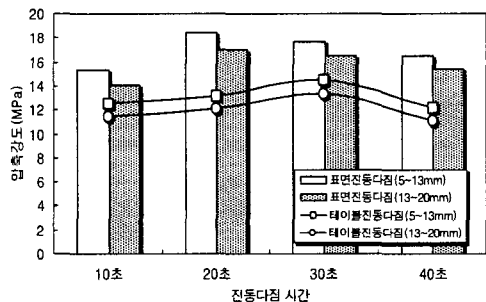


그림 4 진동다짐에 의한 압축강도

3.3 무진동 가압다짐에 의한 포러스콘크리트의 물리·역학적 특징

무진동 가압다짐에 의한 공극률 및 투수계수는 그림 5와 같다. 이를 고찰하여보면, 다짐압력이 증가할수록 공극률과 투수계수는 감소하는 경향을 나타냈으며, 목표공극률과 가장 근사한 공극률을 나타내는 다짐압력은 3MPa로 나타났다. 무진동 가압다짐에 의한 압축강도 특성은 그림 6에서 보는 바와 같이 다짐압력

3MPa에서 가장 큰 압축강도를 나타냈으며, 4MPa의 다짐압력에서는 압축강도가 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은, 가압다짐시 소요압력 이상의 압력이 가해짐에 따라 골재의 일부에서 파괴가 일어나기 때문으로 판단된다. 한편, 목표공극률과 근사한 값을 나타낸 다짐 방법중 무진동 가압다짐이 다른 다짐방법에 비하여 낮은 압축강도를 나타낸 것은 무진동 가압다짐은 공시체에 하중만을 재하기 때문에 다짐에너지가 공시체 하부까지 충분하게 전달되지 못하여 다짐이 잘 이루어지지 않아 다른 다짐방법보다 다소 낮은 압축강도 특성을 나타낸 것으로 판단된다.

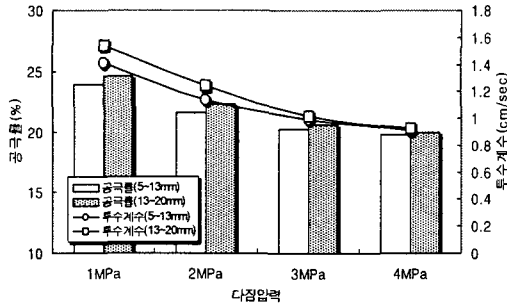


그림 5 무진동 가압다짐에 의한 공극률 및 투수계수

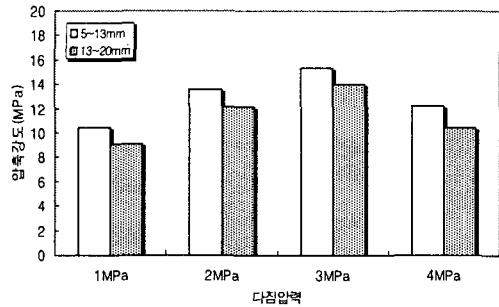


그림 6 무진동 가압다짐에 의한 압축강도

4. 결 론

본 연구는 다짐방법과 다짐조건에 따른 포러스콘크리트의 물리·역학적 특성을 살펴보기 위해 포러스콘크리트의 공극률, 투수계수, 압축강도를 측정하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 포러스콘크리트의 공극률과 투수계수는 다짐에너지가 커지고 골재입도가 작을수록 감소하는 경향을 나타내었다. 압축강도는 다짐에너지가 커지고 골재입도가 작을수록 증가하는 경향을 나타내었지만, 일정 이상의 다짐에너지가 가해지면 압축강도는 감소하는 경향을 나타냈다.
- 2) 램머다짐의 경우 낙하회수가 증가할수록 공극률과 투수계수는 감소는 경향을 나타냈으며, 낙하회수 20회에서 목표공극률과 가장 근사한 공극률을 나타냈다. 그러나, 낙하회수 30회 이상에서는 과다짐으로 인하여 공극률은 목표공극률보다 감소하고, 압축강도는 공시체 상부의 골재가 일부 파괴되어 감소하는 경향을 나타냈다.
- 3) 진동 다짐의 경우 다짐시간이 증가함에 따라 공극률과 투수계수는 감소하는 경향을 나타냈으며, 표면진동다짐의 경우 20초, 테이블진동다짐의 경우 30초에서 목표공극률과 가장 근사한 공극률과 가장 큰 압축강도를 나타냈다. 그러나, 표면진동다짐의 경우 30초, 테이블진동다짐의 경우 40초 이상에서 압축강도는 과도한 진동이 가해짐에 따라 페이스트가 공시체하부로 침하되어 상대적으로 페이스트 량이 적은 상부에서 파괴가 일어나 감소하는 경향이 나타났다.
- 4) 무진동 가압다짐의 경우 다짐압력이 증가함에 따라 공극률과 투수계수는 감소하는 경향을 나타냈으며, 다짐압력이 3MPa일때 목표공극률과 가장 근사한 공극률과 높은 압축강도를 나타냈다. 그러나, 4MPa 다짐압력에서의 압축강도는 가압다짐시 과도한 압력으로 인하여 공시체 상부에 있는 골재가 파괴되어 감소하는 경향을 나타냈다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 박승범, “순환경 사회구축을 위한 환경친화콘크리트 기술의 현황과 전망” 한국콘크리트학회지, Vol.15, No.6, pp.14~16, 2003
2. 玉井元治, ポーラスコンクリートの技術の現況と將來性, TA-Iheiyo Cement Technical Information(CHM'S), No.6, pp.2~7, 2000