

단위 시멘트량 및 잔골재 종류에 따른 포장용 콘크리트의 공극구조 분석

Analysis of Air-Void Structures for Pavement Concrete according to Unit Weight of Cement and Types of Fine Aggregates

안상혁* · 전찬경** · 서재엽*** · 김성권**** · 윤경구*****

An, Sang Hyeok · Jeon, Chan Kyeong · Seo, Jae Yeop · Kim, Seong Kwon · Yun, Kyong Ku

1. 서 론

콘크리트 구조물 및 콘크리트 포장에서 골재의 품질은 매우 중요한 항목이다. 콘크리트용 골재로 굵은 골재는 주로 쇄석골재가 사용되고 있으며, 잔골재는 하천사, 해사, 부순 모래 및 개답사 등 다양한 골재가 사용되고 있다. 잔골재의 경우 하천사 및 해사의 고갈로 인하여 굵은 골재 생산 시 발생하는 부순 모래와 개답사의 사용이 증가되고 있는 실정이다. 부순 모래와 개답사의 경우 하천사 및 해사와 비교하여 일반적으로 품질이 낮은 상태이며, 이로 인하여 이와 같은 잔골재를 사용하는 경우 콘크리트의 품질이 저하될 우려를 내포하고 있다.

또한, 현재 사용하는 고속도로 콘크리트 포장 배합의 경우 경제성과 현장 작업성을 근거로 설계배합의 수정으로 야기된 시멘트량의 감소가 내구성 측면의 검토 없이 이루어진 것으로, 부분적인 시멘트량의 감소가 최근 콘크리트 포장의 내구성 저하의 원인으로 판단되며, 골재의 품질 수급불안 및 품질확보 미흡, 그리고 습염식 제설에 따른 가혹조건 노출 등이 동반되어 콘크리트 포장의 장기적 품질확보에 문제점이 존재하는 것으로 판단되고 있다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트 포장의 품질 향상 방안을 마련하기 위한 방안으로 하천사와 비교하여 부순모래와 개답사의 종류 변화, 단위 시멘트량 변화, 물/시멘트 비의 변화 및 공기연행체의 변화에 따른 포장용 콘크리트의 물리적인 특성과 공극구조를 분석하고자 하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 개요

단위시멘트량, 잔골재 및 공기 연행체의 종류에 따라 변수를 설정하여, 굳기 전 콘크리트의 특성으로 공기량과 슬럼프를 측정하였으며, 굳은 후 콘크리트의 특성으로는 정적강도 측정과 화상분석을 수행하였다.

2.2 실험재료

2.2.1 시멘트

시멘트는 국내 S사에서 생산·판매되는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

* 정회원 · 강원대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사(E-mail : daynday@nate.cmo) - 발표자
** 정회원 · 강원대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사(E-mail : jck5315611@hanmail.net)
*** 정회원 · 강원대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사(E-mail : thanks@kangwon.ac.kr)
**** 정회원 · 강원대학교 토목공학과 박사수료 · 공학석사(E-mail : kimskwon@kangwon.ac.kr)
***** 정회원 · 강원대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(E-mail : kkyun@kangwon.ac.kr)



2.2.2 골재

굵은 골재와 잔골재는 표 1과 같이 사용하였으며, 각각의 물리적인 특성을 나타내었다.

2.2.3 혼화제

혼화제는 SLES계와 Vinsol Resin계의 공기연행제를 사용하였다.

2.3 배합설계

콘크리트의 배합설계는 고속도로 콘크리트 포장 배합설계를 기준으로 하여 단위 시멘트량 및 잔골재의 종류에 따라 각각 구분하였으며, 적정 공기량을 만족하도록 혼화제의 혼입량을 조절하였다. 표 2는 각각의 배합설계를 나타낸 것이다.

2.4 실험방법

2.4.1 공기량 및 슬럼프

공기 전 콘크리트의 공기량은 KS F 2421(굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기 함유량 시험방법(공기 실 압력 방법))에 준하여 측정하였으며, 슬럼프는 KS F 2402(콘크리트의 슬럼프 시험방법)에 준하여 측정하였다.

2.4.2 압축강도 및 휨강도

콘크리트의 압축강도 및 휨강도는 굵은 골재의 최대치수를 고려하여 각각 $\phi 150 \times 300\text{mm}$ 의 원형 공시체와 $150 \times 150 \times 550\text{mm}$ 의 각주형 공시체를 제작하여 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)과 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 제령 3일과 28일에 측정하였다.

표 1. 굵은 골재 및 잔골재 종류에 따른 물리적인 특성

| 구분 | | 비중 | 조립률 | 원산지 |
|------|-------------|------|------|-----|
| 굵은골재 | 32mm | 2.58 | 7.57 | 춘천 |
| | 25mm | 2.57 | 6.72 | 춘천 |
| | Comb. | 2.58 | 7.23 | |
| 잔골재 | 강모래(NS) | 2.58 | 2.76 | 인제 |
| | 부순모래-1(CS1) | 2.55 | 2.69 | 춘천 |
| | 개답사-1(FS1) | 2.57 | 2.81 | 양양 |
| | 개답사-2(FS2) | 2.50 | 2.75 | 전주 |

표 2. 콘크리트의 배합설계

| Type | Air (%) | Slump (mm) | W/C (%) | S/a (%) | Unit Weight (kg/m^3) | | | | | Admixture (%) | |
|---------|---------|------------|---------|---------|--|-----|--------|--------|--------|---------------|------|
| | | | | | W | C | S | G | | S | V |
| | | | | | | | | 32mm | 25mm | | |
| 330-NS | 6±1 | < 40 | 45 | 36 | 148.5 | 330 | 637.84 | 679.05 | 452.70 | 0.017 | 0.02 |
| 350-NS | | | | 36 | 157.5 | 350 | 623.59 | 663.87 | 442.58 | | |
| 370-NS | | | | 39 | 166.5 | 370 | 660.11 | 618.28 | 412.19 | | |
| 350-CS1 | | | | 36 | 157.5 | 350 | 616.34 | 663.87 | 442.58 | 0.015 | 0.02 |
| 350-FS1 | | | | 36 | 157.5 | 350 | 621.17 | 663.87 | 442.58 | 0.015 | 0.02 |
| 350-FS2 | | | | 36 | 157.5 | 350 | 604.25 | 663.87 | 442.58 | 0.02 | 0.02 |

2.4.3 화상분석

굳은 후 콘크리트의 화상분석은 ASTM C 457(Standard Test Method for Microscopical Determination of Air Void Content and Parameters of the Air Void System in Hardened concrete)의 방법을 적용·응용한 방법으로 주어진 화상(Image)으로부터 정량적인 정보를 추출할 수 있는 분석법이다. 이는 공극의 크기와 분포도, 높이, 면적, 위치, 형상 등을 분석하여 콘크리트 내부 공극구조를 보다 다양하게 적용하여 전체 공기량, 간격계수, 비표면적, 공극 크기별 공기량, 공극 크기별 개수 등을 신속하고 정확하게 측정할 수 있다. 장비의 구성 및 사용방법이 전문가적 기술을 요구하지 않으며 구조물의 시편을 통해 직접적인 분석이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공기량 및 슬럼프 시험 결과

그림 1은 공기량 측정 결과와 슬럼프 측정 결과를 나타낸 것이다. 350-FS2-S 변수를 제외한 다른 변수에서 6±1%의 적정 공기량을 만족하는 것으로 측정되었으며, 모든 변수에서 5.5±1.5%의 공기량을 만족하는 것으로 측정되었다. 슬럼프 측정 결과는 20~90mm의 범위로 나타났으며, 단위 시멘트량과 공기연행제 혼입량에 의한 영향 보다는 잔골재의 종류에 따른 영향이 더 크게 나타난 것으로 판단되어진다.

3.2 압축강도 및 휨강도 시험 결과

그림 2는 재령 28일의 압축강도와 휨강도를 나타낸 것이다. 단위시멘트량 및 잔골재의 종류에 따라 재령별 압축강도와 휨강도 결과가 다소 차이를 보이고 있으나 콘크리트 포장의 설계기준 강도인 재령 28일의 휨강도 4.5MPa 이상으로 측정되었다.

3.3 화상분석 결과

그림 3, 4는 재령 28일에 측정된 화상분석 결과로 전체 공기량과 간격계수를 각각 나타낸 것이며, 그림 5, 6은 공극의 크기에 따른 각각의 공기량과 공극의 개수를 나타낸 것이다.

압력법에 준하여 측정된 공기량에 비하여 다소 적게 측정되었으며, 이는 재령이 증가함에 따라 시멘트 수화반응이 지속적으로 발생하여 내부공극이 채워진 것으로 판단되어진다. 또한 모든 변수에 있어 5.5±1.5%의 공기량을 만족하고, 350-NS-V 변수를 제외한 모든 변수에서 간격계수가 0.250mm 이하로 측정되었으며, 공극의 크기에 따른 공기량 및 개수도 연행공기가 대부분을 차지하고 있어 내구성 측면에서 우수할 것으로 판단되어진다.

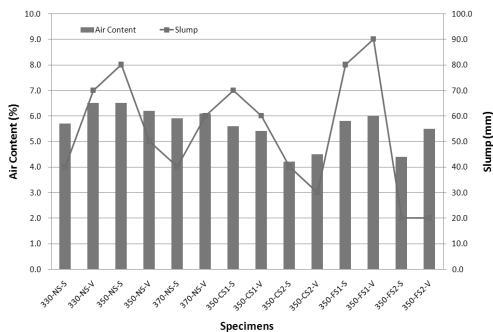


그림 1. 공기량 및 슬럼프 측정 결과

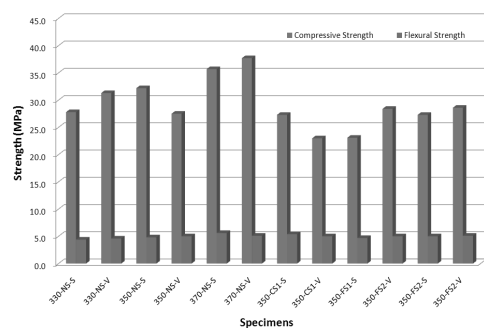


그림 2. 압축강도 및 휨강도 측정 결과

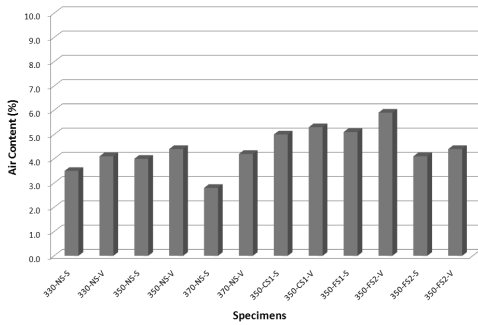


그림 3. 화상분석법에 의한 공기량 측정 결과

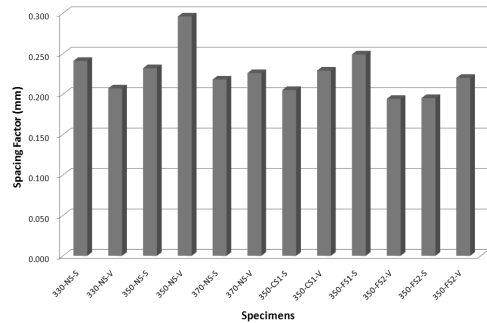


그림 4. 간격계수 평가 결과

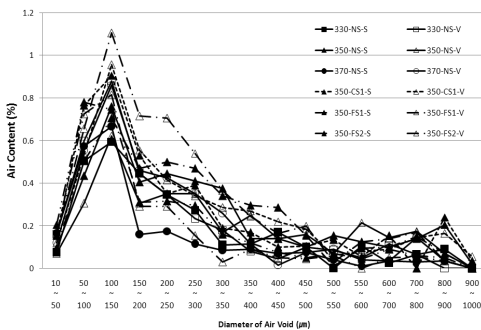


그림 5. 공극 크기에 따른 공기량

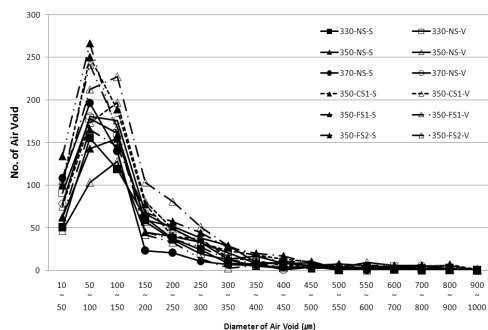


그림 6. 공극 크기에 따른 개수

4. 결 론

단위시멘트량 및 잔골재의 종류에 따른 포장용 콘크리트의 공극구조 분석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 굳기 전 콘크리트의 공기량 측정 결과 모든 변수에서 $5.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하는 것으로 나타났다.
- (2) 슬럼프 측정 결과 잔골재의 종류에 의한 영향이 크게 나타난 것으로 판단되어진다.
- (3) 압축강도 및 휨강도 측정 결과 콘크리트 포장의 설계기준 강도를 만족하는 것으로 나타났다.
- (4) 화상분석 결과 굳기 전 콘크리트의 공기량에 비해 다소 작게 측정되었으며, 350-NS-V 변수를 제외한 모든 변수에서 간격계수가 0.250mm로 측정되었으며, 모든 변수에서 0.300mm이하로 측정되어 내구특성이 우수할 것으로 판단되어진다.

참고 문헌

1. 고경택 외 4명, 잔골재 종류가 콘크리트의 물성에 미치는 영향, 한국콘크리트학회 논문집, 2006
2. 고경택 외 3명, 부순모래의 미립분이 콘크리트의 품질에 미치는 영향, 대한토목학회 논문집, 2007
3. 권혁찬, 화상분석법을 통한 경화 콘크리트의 내부 공극구조 분석, 강원대학교 일반대학원 석사학위 논문, 2004
4. 정원경, 콘크리트 동결융해 내구성 평가를 위한 평면간격계수 제안, 강원대학교 일반대학원 박사학위 논문, 2005