

## 철도소음 저감을 위한 고강도 흡음콘크리트 개발을 위한 기초연구

**A Preliminary Research on Mix Design of Sound Absorbable High Strength Concrete to Reduce Railway Noise**김희애\*, 표석훈\*<sup>†</sup>Heeae Kim\*, Sukhoon Pyo\*<sup>†</sup>

**Abstract** This research aims to develop sound absorbable high strength concrete using porous aggregates such as zeolite in order to reduce railway noise. A foam agent and aluminum powder are tested in order to ensure induced voids in concrete, and cellulose fiber is adopted as an additional sound absorbing material. The relationship between compressive strength and porosity is analyzed based on the measured porosity and compressive strength at 28 days of curing. The measurement procedure of porosity of concrete is followed by the porous concrete void ratio experiment method suggested by Japan Concrete Institute. The experimental results indicate that compressive strength decreases as porosity increases and the usage of cellulose fiber is effective in increasing the compressive strength. The mixture with the foam agent and silica sands shows the highest compressive strength as 70 MPa at 28 days of curing and lower porosity. The mixture with the aluminum powder shows the highest porosity and the lowest compressive strength as 15 MPa.

**Keywords :** Railway noise, Sound absorbable concrete, High strength concrete, Concrete mix design

**초 록** 본 연구를 통하여 철도소음을 저감시키기 위하여 다공성 골재인 제올라이트를 사용한 고강도 흡음콘크리트의 개발하고자 한다. 공극률 확보를 위해 두 종류의 기포생성 재료를 시험하였으며, 추가 흡음재로 셀룰로오스 섬유를 사용하였다. 흡음콘크리트의 강도와 흡음성을 조사하기 위해 압축강도와 공극률측정이 진행되었고 측정된 압축강도와 공극률의 관계를 비교 분석하였다. 공극률 측정은 일본 콘크리트 학회에서 제안한 용적법에 준하여 실시되었다. 설계된 흡음 콘크리트는 공극률증가로 인한 압축강도의 감소를 보였으며, 흡음재로 사용하였던 셀룰로오스 섬유는 압축강도 증가에도 영향을 주었다. 가장 높은 압축강도를 보여준 배합은 기포제와 규사모래를 사용한 배합으로 70 MPa의 28일 압축강도를 보였지만 많지 않은 공극률을 보였고, 알루미늄파우더를 사용한 배합은 15 MPa로 가장 낮은 강도를 보였지만 많은 공극률을 보였다.

**주요어 :** 철도소음, 흡음콘크리트, 고강도 콘크리트, 콘크리트 배합설계

## 1. 서론

일반적으로 사용되는 흡음 콘크리트는 경량기포콘크리트로 소음을 크게 줄일 수 있지만 역학적 성능 및 내구성이 떨어지고 유지관리측면에서도 심각한 한계점이 있다. 현재까지 구조용으로 적용 가능한 흡음 콘크리트는 개발되지 못한 실정으로 본 연구에서는 철도소음을

<sup>†</sup> 교신저자: 한국철도기술연구원 신교통연구본부 선임연구원(shpyo@krrri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원 신교통연구본부

효과적으로 줄일 수 있는 흡음 특성을 높인 고강도 흡음 콘크리트 배합을 설계 하고자 한다. 배합설계는 초고성능 콘크리트 배합기술을 바탕으로 두 가지 종류의 기포생성 재료, 다공성 골재의 혼합비율, 셀룰로오스 섬유의 첨가 유무 등의 실험 매개변수를 가지고 설계되었다.

## 2. 본 론

### 2.1 사용재료 및 배합설계

흡음 콘크리트배합은 Table 1와 같이 기본 UHPC 배합을 기초로 설계되었다. 잔골재 대신 크기가 다른 두 종류의 제올라이트 골재가 사용되었으며, 공극률 향상을 위해 두 가지 종류의 기포생성 재료인 기포제와 알루미늄파우더가 사용되었으며, 흡음 성능을 높이기 위해 셀룰로오스 섬유가 첨가되었다. 제올라이트 골재와 셀룰로오스 섬유는 유동성이 확보된 후 혼합되었다. 이때 설계된 배합의 물-시멘트 비율은 25%로 고정되었으며, Silica Fume(SF), Silica Powder(SP) 사용량은 particle packing 이론 기반의 배합설계에 따라 적절히 조절하였다.

Table 1 Mix design of Sound Absorbable High Strength Concrete

Series	Cement (Type I)	SF	SP	Super plasticizer	Silica Sand	Zeolite		Cellulose Fiber (Volume fraction, %)	Foam Agent	Al powder
						I	II			
S-I	1	0.25	0.25	0.009	-	0.322	0.967	-	-	-
S-II	1	0.25	0.25	0.009	-	0.322	0.967	-	0.01	-
S-III	1	0.25	0.25	0.009	-	0.313	0.938	1.2	0.01	-
S-IV	1	0.25	0.25	0.009	-	0.313	0.938	1.2	-	0.0015
S-V	1	0.25	0.25	0.009	0.226	-	1.063	1.2	0.01	-

\*Particle size : Zeolite I (3-5 mm), Zeolite II (5-7 mm)

### 2.2 실험 방법

#### 2.2.1 압축강도측정

모든 배합은 Hobart type의 믹서로 동일하게 제조되었다. 압축강도 측정용 시험체는 직경 100 mm, 높이 200 mm의 크기로 제작되었으며, 제작시 진동 없이 타설되었다. 24시간 상온에서 양생 후 탈형하여 23 °C 온도에서 습윤 양생되었다. 모든 압축강도 측정은 배합 후 28일을 기준으로 시험하였으며, 배합당 3개 이상의 시편을 측정하였다.

#### 2.2.2 공극률측정

공극률 측정시험은 일본콘크리트공학협회 에코콘크리트연구위원회의 ‘포러스 콘크리트 공극률 시험방법’중 용적법(Japan Concrete Institute)에 준하여 실시되었다[1].

### 2.3 실험 결과

Fig. 1은 다섯 가지 배합의 공극률과 28일 압축강도 결과의 관계를 나타낸다. 셀룰로오스 섬유, 기포생성 재료를 사용하지 않는 S-I 배합은 평균 56 MPa의 28일 압축강도를 보였지만, S-I 배합에 기포제를 첨가한 S-II 배합은 평균 47 MPa로 압축강도가 감소함을 보였고, 기포제를 넣었음에도 불구하고 작아진 공극률을 보였다. 흡음성능을 높이기 위하여 S-II 배합에 셀룰로오스 섬유를 첨가한 S-III 배합은 압축강도와 공극률이 동시에 증가함을 알 수 있었다. 또한 S-II 배합에 사용되는 다공성골재 일부를 기존 UHPC에 사용되는 규사 모래로 치환하여 적용한 S-V 배합은 평균 70 MPa의 높은 압축강도를 보였다. 기포제를 사용한 배합은 향상된 공극률을 보이지 못했지만 알루미늄과우더를 사용한 배합 S-IV는 최대 27 %의 공극률을 가지며 향상된 공극률을 보였다. 하지만 평균 15 MPa의 낮은 압축강도를 가지며 고강도 흡음콘크리트에 적용하기 어려운 강도를 보였다.

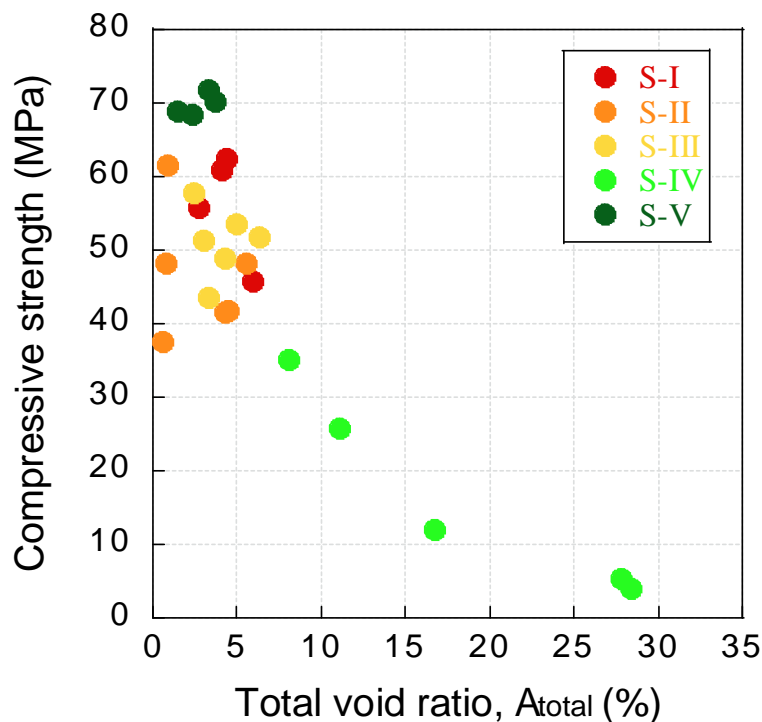


Fig. 1 Measured total void ratio versus compressive strength

### 3. 결론

제올라이트 골재를 적용한 흡음 콘크리트 배합에서 셀룰로오스 섬유 없이 기포제만을 적용하면 압축강도의 향상은 어렵다고 판단된다. 셀룰로오스 섬유는 공극률뿐만 아니라 압축강도에 영향을 주는 재료이고, 두 가지의 기포생성 재료 중에서 알루미늄과우더를 적용한 배합이 제일 높은 공극률을 보였지만 구조용으로 사용하기 어려울 정도의 압축강도를 보였다. 실제 흡음성능을 판단하기 위해서는 다양한 시편에 대한 흡음 시험이 필요하며, 흡음 특성을 추가로 향상시키는 연구가 필요하다. 또한 철도분야에 적용하기 위해서는 내구성 시험을 통한 장기 특성분석이 진행되어야 한다.

## 후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 자체사업의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- [1] M. Tarnai, H. Mizuguchi, S. Hatanaka, et al. (2013) Design, construction and recent applications of porous concrete in Japan. In 28th conference on our world in concrete & structures, Singapore, 22, pp. 28. P. Mai, Y. Lu (2006) Dynamic modeling for a rolling coin, *Journal of Sound and Vibration*, 48(6), pp. 753-780.