



바탕애시 잔골재 포러스 콘크리트의 미세먼지 제거 가능성에 관한 연구

이재승* · 이원준 · 임영진 · 이승헌

<군산대학교 신소재공학과>

1. 서 론

미세먼지는 환경오염과 인간의 건강에 심각한 악영향을 끼치는 물질로써, 2013년 세계보건기구 산하의 국제암연구소 (IARC, International Agency for Research on Cancer)에서 미세먼지를 1군 발암물질로 지정하였다. 미세먼지는 크기에 따라 PM₁₀(10 μm 이하)과 PM_{2.5}(2.5 μm 이하)로 나뉘며, PM₁₀이 사람의 머리카락 지름보다 약 1/5~1/7 정도로 작은 크기라면, PM_{2.5}는 머리카락의 약 1/20~1/30에 불과할 정도로 매우 작다. 또한, 미세먼지는 발생 종류에 따라 1차적 발생과 2차적 발생으로 나눌 수 있다. 1차적 발생은 발생원에서부터 고체 상태의 미세먼지가 직접 배출되는 발생이며, 2차적 발생은 발생원에서 나온 가스상 물질이 반응성이 강한 물질(OH, O₃ 등)과 화학반응을 일으켜 입자상 물질로 변화하는 발생이다. 2차적 발생이 심각한 이유는 수도권만 하더라도 2차적 발생에 의해 생성된 비중이 PM_{2.5} 발생량의 2/3를 차지할 만큼 매우 높기 때문이다.

미세먼지가 인간의 몸속으로 들어오면 면역을 담당하는 세포의 부작용으로 인해 염증반응이 나타난다. 이러한 염증반응이 발생하면 천식, 호흡기, 심혈관계 질환 등 유발될 수 있다. 질병관리본부에 따르면, PM₁₀ 농도가

10 μm³ 증가할 때마다 만성 폐쇄성 폐질환으로 인한 입원율은 2.7%, 사망률은 1.1% 증가하고, PM_{2.5} 농도가 10 μm³ 증가할 때마다 폐암 발생률이 9% 증가하는 것으로 나타났다. 보건영향연구소 (HEI, Health Effects Institute)에 따르면, 2017년 기준 한국은 OECD 국가 중 연평균 PM_{2.5} 농도는 터키 다음으로 2위에 해당하며, PM_{2.5}에 의한 사망자 수는 1990년 기준 1만 3100명에서 2017년 기준 1만 6100명으로 증가했다. 또한, OECD, The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution에 의하면 한국은 PM_{2.5}와 오존에 의해 2060년 중국과 인도에 이어 높은 조기 사망 증가율을 보인다고 보고하였다.

Fig. 1은 국립환경과학원의 2015년 서울시 대기오염물질 배출량 통계 중 NO_x, PM_{2.5}, PM₁₀에 대한 그래프이다. 도로이동오염원의 배출량이 상당히 높은 비율을 차지하는 것을 확인할 수 있다. 현재, 도로이동오염원의 미세먼지를 제거시키기 위해서 자동차 배기가스 등 직접적으로 미세먼지를 발생시키는 장치에 대한 기술이 대부분이다. 하지만, 직접적으로 발생하는 미세먼지만 제거 시키는 것에 대한 한계가 있다. 그렇기 때문에 이미 배출된 미세먼지에 대해서도 제거 연구가 필요한 실정이다. 이런 연구의 일환으로써, 본 연구는 바탕애시 잔골재를 활용하여 미세먼지 제거용 콘크리트 방음벽을 제작하는

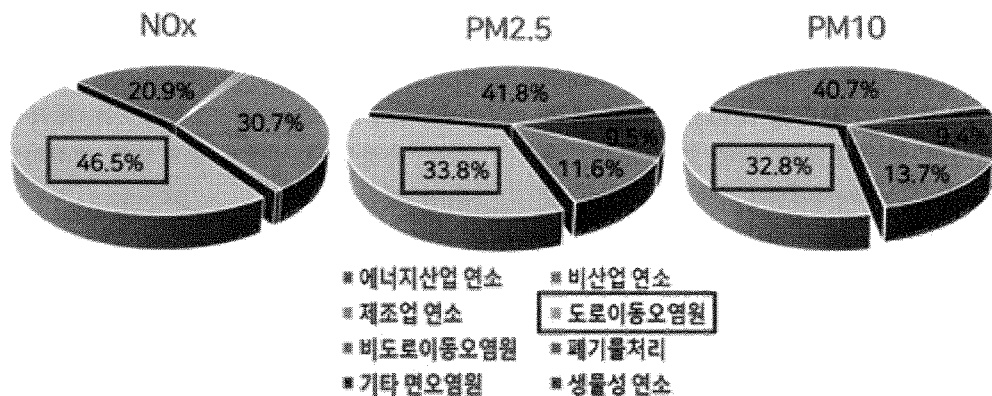


Fig. 1 2015년 서울시 대기오염물질 배출량 통계

Table 1 배합표

분류	W/C (%)	실제 기공량 (%)	Unit weight (kg/m ³)		
			C	W	S
0.5 MPa	33	30	377	113	1261
1 MPa					
2 MPa					
3 MPa					

것이며, 콘크리트 방음벽에 바닥에서 잔골재를 활용하기 위한 기초적 연구로써, 본 연구의 목적은 바닥에서 잔골재의 기공구조 분석을 통해 포러스 콘크리트를 제작하여 미세먼지 제거 가능성을 검토하는 것이다.

2. 실험 방법

2.1 사용 원료

본 연구에 사용된 원료는 국내에서 시판 중인 S사 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)를 사용하였고, Y사에서 생산된 바닥에서 잔골재를 0.15 mm이하, 0.15~0.6 mm, 0.6~1.2 mm, 1.2~2.5 mm, 2.5~5 mm 총 5가지 입도로 분류하여 사용하였다. 또한, 미세먼지 제거 실험에 사용된 미세먼지는 ISO 12103-1, A1 ULTRAFINE TEST DUST를 사용하였다.

2.2 바닥에서 잔골재의 기공 구조 특성

2.2.1 질소가스 흡착법을 활용한 기공 구조 분석

입도별로 분류한 바닥에서 잔골재 5종에 대하여 BET 비표면적 측정 장비(BELSORP-max1, BEL Japan, Inc.)를 사용하여 흡·탈착 등온선, MP(MicroPore) method에 의한 기공 크기 분포(0.4~2 nm), BJH (Barrett, Joyner and Halenda) method에 의한 크기 분포(2~185 nm) 분석을 실시하였다.

2.2.2 수은압입법을 활용한 기공 구조 분석

가스 흡착법을 통한 기공 크기 분포는 상대적으로 작은 기공 크기만 해당하기 때문에 더 큰 기공의 범위를 확인하기 위하여 수은압입법을 이용한 MIP에 의한 기공 크기 분포를 측정하였다. 입도별로 분류한 바닥에서 잔골재 5종에 대하여 MIP 장비(AutoPore IV 9500 V1.06, MICRO MERITICS INSTRUMENT CO.)를 사용하여 MIP 기공 크기 분포를 구하였으며, 이때 기공 크기 범위는 60 nm ~ 1200 μm이다.

2.3 바닥에서 잔골재 포러스 콘크리트 제작

2.3.1 배합 설계

일반 배합설계와는 달리 포러스 콘크리트는 기공의 확보가 중요하기 때문에 일반 콘크리트 배합 설계와는 상이하다. 일반적으로 포러스 콘크리트의 배합은 기공확보가 중요하기 때문에 잔골재를 사용하지 않는 경우가 많

지만, 본 연구에서는 바닥에서 잔골재 자체의 기공률이 많기 때문에 굵은골재를 활용하지 않고 잔골재만으로 배합을 설계하였다. Table 1에 배합표를 나타내었다.

2.3.2 제작 방법

배합 설계에 따라 시멘트 페이스트를 제조하고 반철의 1.2~2.5 mm의 바닥에서 잔골재를 혼합시켜 bonding 물질을 제조하였다. 그 후, 남은 1.2~2.5 mm의 바닥에서 잔골재를 투입시켜 일반 mortar제조와 같은 방식으로 혼합시켜주었다. 제조된 바닥에서 골재 mortar를 5X10 원통형 몰드에 투입시켜 0.5, 1, 2, 3 MPa로 가압 성형한 뒤, 80°C까지 승온 시간 2시간으로 6시간 동안 증기양생을 실시하였다.

2.3.3 기공률 측정 방법

바닥에서 잔골재 포러스 콘크리트의 기공률은 환경표지 인증기준 “EL245 투수 콘크리트 제품” 중 전공극률 시험방법에 준하여 다음과 같이 실시하였으며, 식 (1)에 의하여 계산하였다.

$$A = \left[1 - \frac{(W_2 - W_1)}{\rho_w V} \right] \times 100 \quad (1)$$

여기서,

A : 전공극률 (%)

W1 : 공시체의 수중질량 (g)

W2 : 24시간 방치 후의 기중질량 (g)

V : 공시체의 용적 (cm³)

ρ_w : 물의 밀도 (g/cm³)

2.3.4 압축강도

포러스 콘크리트의 압축강도는 제작한 공시체를 압축강도 측정용 공시체와 동일하게 제작하였고, 식 (2)에 의하여 계산하였다.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

여기서,

f_c : 압축강도 (MPa)

P : 최대하중 (N)

A : 공시체의 단면적 (mm²)

2.4 미세먼지 제거 특성

2.4.1 미세먼지 실험 챔버 설계 방법

미세먼지 실험에 사용된 챔버는 실험실에서 직접 설계하여 구축하였다. 챔버의 종류는 두 종류이며, 100 cm×100 cm×100 cm의 체적을 가지는 미세먼지 확산용 챔버와 50 cm×50 cm×50 cm의 체적을 가지는 측정용 챔버이다. 확산용 챔버는 크기가 큰 미세먼지 입자가 침강할 때까지 안정화를 시켜주는 역할이며, 최대한 침강하는 미세먼지를 배제해야 측정 시 실험의 오차를 줄일 수 있다. 측정용 챔버는 확산용 챔버에서 안정화된 미세먼지가 주입되는 미세먼지 주입구, 미세먼지를 측정하는 미세먼지 측정구, 투입된 미세먼지를 교반시켜주는 fan, 마지막으로 fan의 속도 조절과 시간 설정을 할 수 있는 controller로 구성되어 있다.

2.4.2 미세먼지 측정 방법

Fig. 2에 미세먼지 측정 방법을 나타내었다. 확산용 챔버 내에서 일정량의 미세먼지를 투입하여 에어프레스를 통해 챔버 내에 확산시켜주었다. 1시간 동안 안정화를 시켜준 뒤, 아무것도 넣지 않은 빈 측정용 챔버와 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트 넣은 측정용 챔버에 각각 주입구를 통해 미세먼지를 일정량 투입하였다. 1분간 fan을 통해 미세먼지를 챔버 내로 확산시켜주었으며, 미

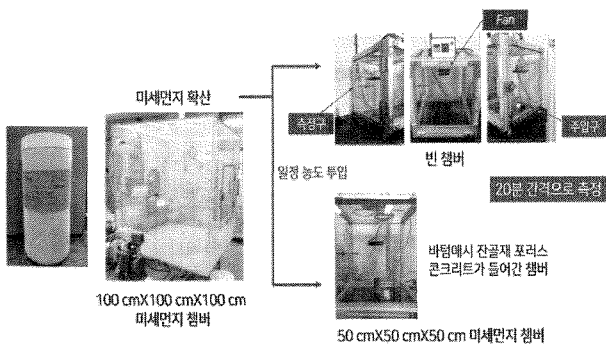


Fig. 2 미세먼지 측정 실험 방법

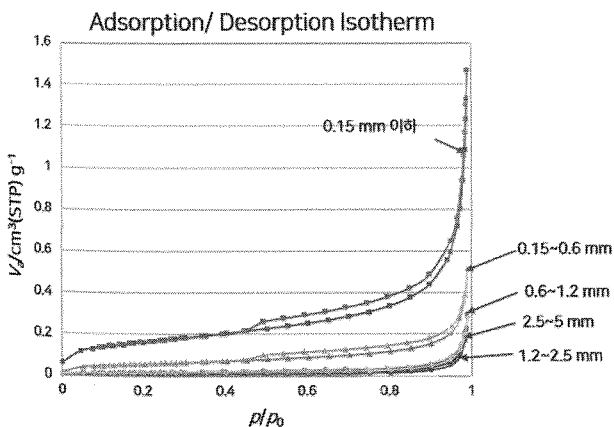


Fig. 3 흡·탈착 등온선

세먼지 측정 장비(KANOMAX, Light Scattering Digital Dust Monitor Model 3443)를 사용하여 20분간 미세먼지 농도를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 바텀애시 잔골재의 기공 구조 특성

3.1.1 바텀애시 잔골재의 흡·탈착 등온선 유형

바텀애시 잔골재 5종의 질소가스 흡·탈착 등온선을 Fig. 3에 나타냈다. 0.6 mm 이하인 바텀애시 잔골재인 0.15 mm 이하, 0.15~0.6 mm의 흡착량은 크기가 감소할수록 증가하는 경향을 보였지만, 0.6 mm 이상의 바텀애시 잔골재인 0.6~1.2 mm, 1.2~5 mm, 2.5~5 mm의 흡착량은 유사한 결과를 보였다. 이는 바텀애시 잔골재가 0.6 mm 이하로 파쇄되면 내부의 closed pore가 open pore로 전환되었기 때문으로 판단된다. 바텀애시 잔골재 5종 모두 흡착과 탈착의 형태가 다른 히스테리시스 현상이 나타났다. 히스테리시스는 IUPAC 기공 크기 분류 중 2~50 nm인 mesopore를 가지는 물질에서 발견되는 현상이므로, mesopore의 모세관 응축현상에 의해 발견되는 현상이다. 바텀애시 잔골재의 히스테리시스 현상은 IUPAC 히스테리시스 분류 중 H3에 해당하는 것으로 판단되며, H3는 평판 모양의 입자의 단단하지 않은 응집체 또는 기공 네트워크가 기공 응축액으로 완전히 채워지지 않은 macropore로 이루어진 경우에도 나타나는 형태이다. 바텀애시 잔골재의 경우 평판 모양의 입자가 아니므로 후자의 경우로 판단된다.

3.1.2 바텀애시 잔골재의 기공 크기 분포

Fig. 4는 바텀애시 잔골재의 micropore의 크기 분포를 나타내었으며, 기공 크기 범위는 0.4~2 nm까지이다. 바텀애시 잔골재 5종 모두 약 0.7 nm에서 기공 변화량이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그렇지만 0.6 mm 이상의 바텀애시 잔골재의 경우 큰 차이를 보이지 않고 0.6 mm 이하의 바텀애시 잔골재부터 기공 변화량이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 바텀애시 잔골재의 5종 모두 0.7 nm 이후의 기공 변화량은 큰 차이를 보이지 않았으며, micropore의 양이 매우 적은 것으로 나타났다.

Mesopore의 크기 분포는 BJH Method에 의해 구하였으며, Fig. 5에 나타냈다. BJH Method는 추가적으로 일정 범위까지의 macropore까지 분석할 수 있으며, 2~185 nm까지 크기 분포를 설정하였다. 바텀애시 잔골재 5종 모두 유사한 기공 크기 분포를 나타내고 있으며, 0.6~1.2 mm, 1.2~2.5 mm, 2.5~5 mm 바텀애시 잔골재의 기공 크기 분포는 큰 차이를 보이지 않고 있다. 또한, 0.6 mm 이하의 바텀애시 잔골재부터 기공의 양이 증가하는 것으로 보아, 0.6 mm 이하로 파쇄되었을 경우, 내부에 존재하는 closed pore가 open pore로 전환되었다고 판

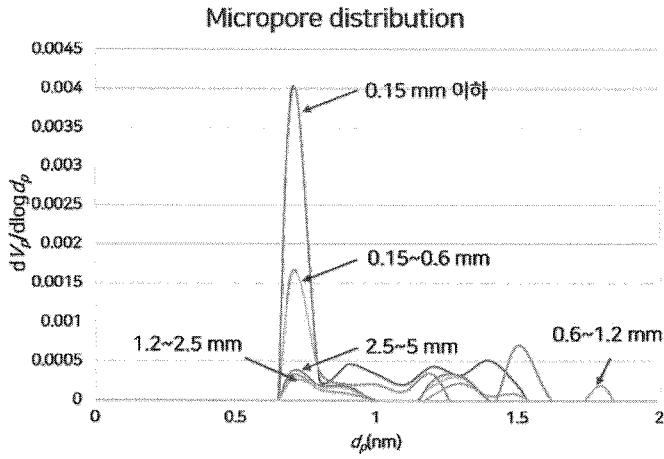


Fig. 4 MP method 기공 크기 분포

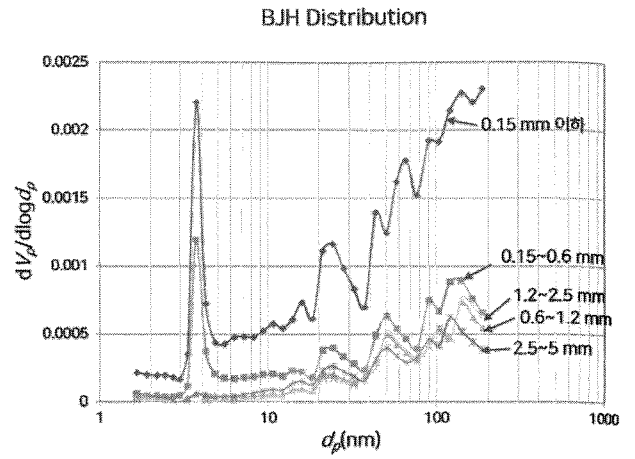


Fig. 5 BJH method 기공 크기 분포

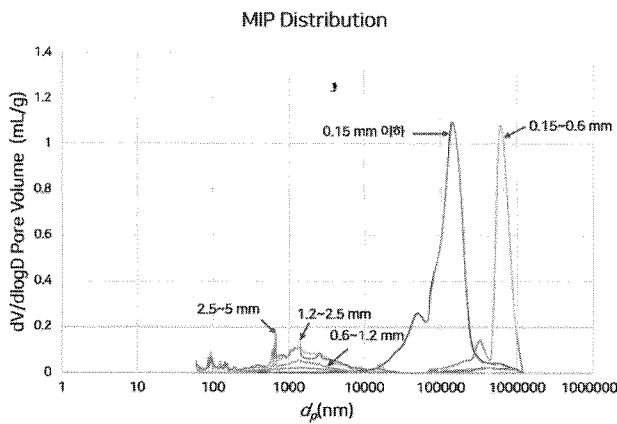


Fig. 6 MIP 기공 크기 분포

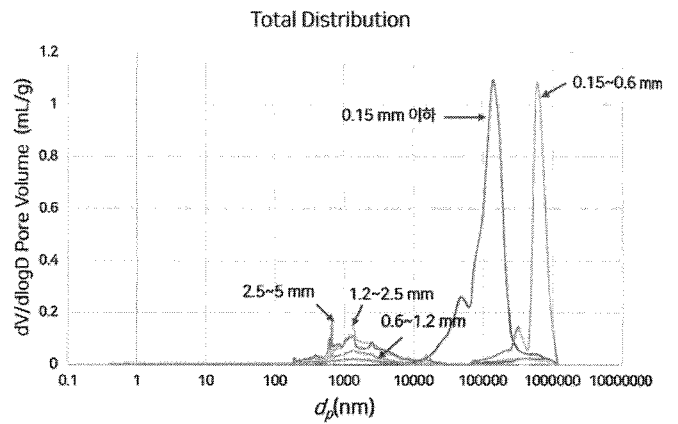


Fig. 7 기공 크기 분포 정리

단된다. 0.15 mm이하, 0.15~0.6 mm의 바텀에서 잔골재는 0.6~1.2 mm, 1.2~2.5 mm, 2.5~5 mm 바텀에서 잔골재와는 다르게 약 3~5 nm의 기공이 많이 존재하는 것으로 확인되었고, 이는 0.6 mm부터 내부에 3~5 nm의 closed pore가 비교적 많이 존재하는 것으로 판단된다.

MIP 분석은 BET 분석보다 큰 기공을 분석이 가능하며, Fig. 6에 바텀에서 잔골재 5종에 대하여 60 nm~1200 μ m까지의 기공 크기 분포를 나타냈다. 0.15 mm 이하, 0.15~0.6 mm 바텀에서 잔골재는 대부분 10 μ m 이상의 기공이 존재하는 것을 볼 수 있으며 0.6~1.2 mm, 1.2~2.5 mm, 2.5~5 mm 바텀에서 잔골재는 대부분 10 μ m 이하의 기공이 존재하는 것으로 나타났다. 0.6 mm 이상의 바텀에서 잔골재는 유사한 기공 크기 분포를 가지지만, 0.6 mm 이하의 바텀에서 잔골재에 비하여 기공의 양이 현저히 적은 것을 볼 수 있다. 이는 BET data와 일치하게 바텀에서 잔골재는 표면부에 closed pore가 대부분 존재하여 파쇄에 의한 open pore 전환으로 바텀에서 잔골재의 크기가 0.6 mm 이하부터 기공의 양이 증가한 것으로 판단된다.

3.1.3 바텀에서 잔골재의 크기 분포별 기공 부피 평가

앞서 얻어진 바텀에서 잔골재 5종의 MP method, BJH method, MIP 기공 크기 분포를 정리하여 Fig. 7에 정리하였다. 185 nm를 기준으로 185 nm 이하는 MP, BJH 기공 크기 분포를 나타냈고, 185 nm 이상은 MIP 기공 크기 분포로 나타내었다. 바텀에서 잔골재의 기공 크기에 따라 서로 다른 미세먼지를 trap할 수 있다는 가정 하에 기공 크기를 0.4~100 nm, 100 nm~2.5 μ m, 2.5~10 μ m, 10~100 μ m, 100~1000 μ m로 분류하여 기공 부피를 계산하였다. 0.4~100 nm의 기공은 미세먼지 전구물질인 SO_x, NO_x 또는 기타 가스상 물질을 trap할 수 있는 기공이며, 100 nm~2.5 μ m는 0.1 μ m이하의 입자상물질 PM_{0.1} trap, 2.5~10 μ m는 2.5 μ m 이하의 입자상물질 PM_{2.5} trap, 10~100 μ m는 10 μ m 이하의 입자상물질 PM₁₀ trap할 수 있는 기공이며, 마지막으로 100~1200 μ m의 기공은 모든 미세먼지들이 기공 내로 들어올 수 있도록 하는 통로 역할 기공으로 설정하였다. 분류한 기공에 대하여 기공의 부피 분율을 Table 2에 나타냈다. V_{micro}는 MP method, V_{meso}는 BJH method, V_{PM0.1}~V_{Passage}는 MIP, V_{total}은 BET 총 기공 부피와 MIP 총 기공 부피의 합, 마지막으

Table 2 바텀애시 잔골재의 크기 분포별 기공 부피 분율 (단위: %)

분류	V_{micro} (0.4~2 nm)	V_{meso} (2~50 nm)	V_{macro} (50~100 nm)	$V_{\text{PM}_{0.1}}$ (100 nm~2.5 μm)	$V_{\text{PM}_{2.5}}$ (2.5~10 μm)	$V_{\text{PM}_{10}}$ (10~100 μm)	V_{passage} (100~1200 μm)	V_{total}
0.15 mm 이하	0.008	0.18	0.23	0.02	0.3	30	69	100
0.15~0.6 mm	0.003	0.14	0.04	4.4	1.6	1.0	92.9	100
0.6~1.2 mm	0.015	0.25	0.31	74.8	23.4	1.2	0	100
1.2~2.5 mm	0.009	0.08	0.01	56.2	23.8	6.2	13.6	100
2.5~5 mm	0.007	0.09	0.11	55.8	24.3	6.1	13.7	100

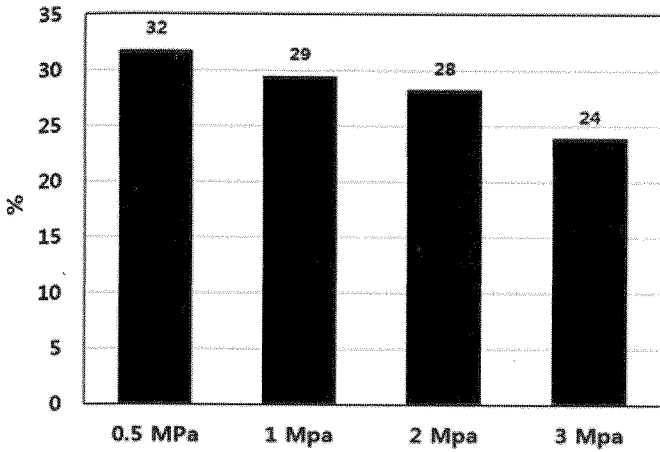


Fig. 8 기공률

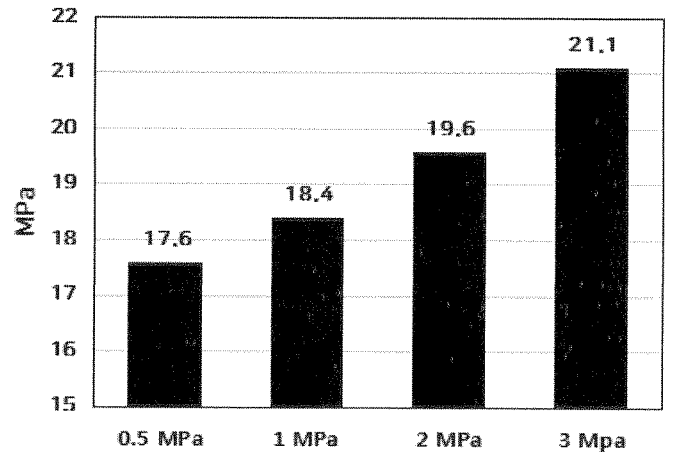


Fig. 9 압축강도

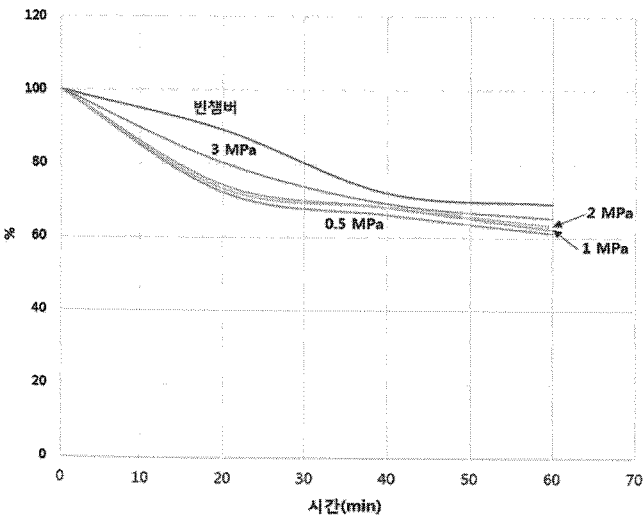


Fig. 10 미세먼지 제거 실험 결과

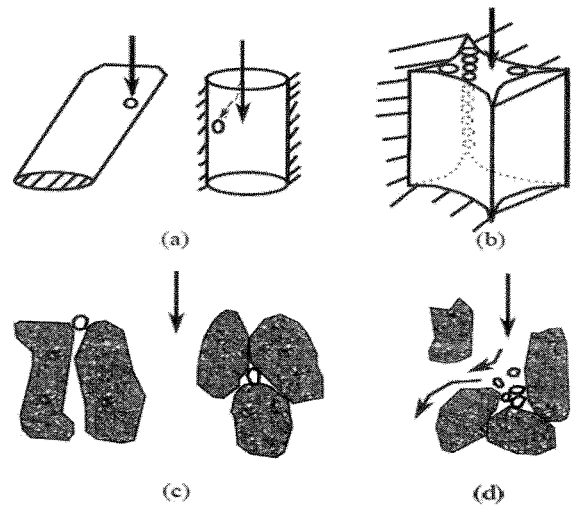


Fig. 11 다공체에서 침적 메커니즘

로 V_{macro} 는 V_{total} 에 나머지 부피의 합을 뺀 값으로 구하였다. 바텀애시 잔골재 5종 모두 미세먼지 전구 물질인 SO_x , NO_x 를 trap할 수 있는 기공이 매우 적고, 대부분 기공 크기는 macropore로 존재하는 것을 확인할 수 있다. 0.15 mm 이하, 0.15~0.6 mm 바텀애시 잔골재의 기공은 PM_{10} trap 기공과 미세먼지 통과 기공이 대부분 차지하고, 0.6~1.2 mm, 1.2~2.5 mm, 2.5~5 mm 바텀애시 잔골재의 기공은 대부분 $\text{PM}_{0.1}$ 과 $\text{PM}_{2.5}$ 를 trap할 수 있는 기

공으로 존재하는 것을 확인하였다.

3.2 바텀애시 잔골재 포러스 콘크리트의 기본 물성

3.2.1 기공률

Fig. 8은 바텀애시 잔골재 포러스 콘크리트의 기공률을 나타낸 실험 결과이다. 다짐압력이 증가함에 따라, 기공률은 감소하는 경향을 보이며, 다짐압력 0.5 MPa 바텀애시 잔골재 포러스 콘크리트의 기공률은 32%, 다짐

압력 1 MPa는 29%, 다짐압력 2 MPa는 28% 그리고 다짐압력 3 MPa는 24%의 기공률을 보였다. 다짐압력을 1 MPa로 실시하였을 때, 설계기공률 30%와 가장 유사한 것으로 확인되었다. 다짐압력 3 MPa로 성형을 실시했을 경우, 기공률이 급격히 줄어드는 경향을 보였으며, 이는 성형 시 높은 압력에 의해 바텀에서 잔골재의 일부 파쇄가 일어나면서 충전율이 증가된 것으로 판단된다.

3.2.2 압축강도

포러스 콘크리트의 압축강도 측정 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 다짐압력 0.5 MPa 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트의 압축강도는 17.6 MPa, 다짐압력 1 MPa는 18.4 MPa, 다짐압력 2 MPa는 19.6 MPa 그리고 다짐압력 3 MPa는 21.1 MPa의 압축강도를 보였다. 다짐 압력이 증가할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타냈으며, 기공률의 결과와 반비례하는 경향을 확인할 수 있다.

3.3 미세먼지 제거 특성

3.3.1 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트의 미세먼지 제거 특성

다짐압력에 따른 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트의 미세먼지 제거 결과를 Fig. 10에 나타내었다. 빈 챔버의 미세먼지 제거 감소는 무거운 미세먼지의 침강에 의한 감소이며, 0.5 MPa, 1 MPa, 2 MPa, 3 MPa 모두 빈 챔버에 비해 미세먼지가 감소되는 결과를 얻었다.

초기 20분 경과, 11%의 자연감소율을 보이며, 3 MPa를 제외하고는 0 MPa, 1 MPa, 2 MPa는 대부분 비슷한 감소율을 나타내고 있고, 40분까지 대부분의 미세먼지가 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 60분 경과, 31%의 자연감소율을 보이며, 0.5 MPa, 1 MPa, 2 MPa, 3 MPa의 미세먼지 감소율은 각각 39%, 38%, 37%, 35%를 보였으며, 빈 챔버 대비 8%, 7%, 6%, 4% 미세먼지 제거효율을 보였다. 이 결과는 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트의 기공률과 같은 경향을 보이며, 다짐압력이 증가할수록 기공률이 감소하여 미세먼지 제거율이 떨어진 것으로 판단된다.

3.3.2 미세먼지 제거 기구 고찰

Krishna Mishra 등 2명에 의하면, 다공성 매개체에서의 축적은 기공 크기보다 큰 입자가 걸러지거나, 기공 내로 작은 입자가 침투하여 걸러지는 필터 메커니즘이 있으며, 확산과 침적의 메커니즘이 있다고 설명하였다. Delanchambre는 다공체 매체에서 입자가 침투할 때, 4가지 위치에서 입자의 침적이 발생한다고 하였으며, Fig. 11에 나타내었다. (a) surface sites : 다공성 매개체의 표면에서 침적이 발생, (b) crevice sites : 두 개의 입자 표면의 볼록한 부분 사이에서 발생하며, 썬기 모양의 갈라진 틈에서 발생, (c) constriction sites : 3개의 볼록한 입자 접촉에 의해 형성된 일부 기공은 다공체 안에서 매

우 빈번히 일어나며, 이러한 좁은 기공이 부유 입자의 크기보다 작으면 입자를 침적 발생, (d) cavern sites : 작은 주머니 같은 기공에서 침적 발생 총 4 가지 종류의 침적이 발생한다고 하였다. 이에 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트의 미세먼지 제거 기구는 기공 표면에서 확산이 일어났을 시, 필터와 같이 기공보다 큰 입자는 걸러져 (a) 방법에 의해 침적되고, 기공보다 작은 미세먼지 입자들은 기공내로 침투하여 (b), (c), (d) 3가지 방법에 의해 침적하여, 미세먼지가 제거되는 것으로 판단된다.

4. 결 론

바텀에서 잔골재의 기공 구조 분석을 실시하고, 1.2~2.5 mm의 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트를 제작하여, 미세먼지 실험을 실시한 결론은 다음과 같다.

바텀에서 잔골재의 흡·탈착 등온선의 유형은 IUPAC 분류 중 H3와 가장 유사한 형태를 보였으며, 바텀에서 잔골재의 기공 구조는 대부분 macropore로 존재할 것으로 판단된다. 또한, 흡·탈착 등온선, MP method, BJH method, MIP 분석에 의한 기공 크기 분포 결과, 바텀에서 잔골재의 크기가 0.6 mm 이하로 파쇄되었을 경우, 내부 closed pore가 open pore로 전환되어 흡착량이 증가하였고, 기공 부피가 증가하였다고 판단된다.

0.15 mm 이하, 0.15~0.6 mm 바텀에서 잔골재의 기공은 PM₁₀ trap 기공과 미세먼지 통로 기공이 대부분 차지하고, 0.6~1.2 mm, 1.2~2.5 mm, 2.5~5 mm 바텀에서 잔골재의 기공은 대부분 PM_{0.1}과 PM_{2.5}를 trap할 수 있는 기공으로 존재하는 것을 확인하였다.

가장 미세먼지 제거 효율이 클 것으로 예상되는 1.2~2.5 mm의 바텀에서 잔골재를 사용하여 포러스 콘크리트를 제작한 결과, 성형 시 다짐압력이 증가함에 따라, 기공률이 감소하였으며, 압축강도는 증가하는 경향을 보였다. 이는 다짐 압력이 증가하면 포러스 콘크리트의 충전율이 증가하여 내부 기공이 막히게 되며, 기공이 막히게 됨으로써 골재와 페이스트 간의 접촉 면적이 증가하여 압축강도가 증가하였다고 판단된다.

미세먼지 제거 실험 결과, 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트는 빈챔버에 비해 높은 미세먼지 제거 효율을 보였으며, 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트의 미세먼지 제거 가능성을 확인하였다.

미세먼지 제거율은 바텀에서 잔골재 포러스 콘크리트의 기공률이 높을수록 제거율이 증가하는 경향을 보였으며, 미세먼지 제거는 기공의 의한 영향이 클 것으로 판단된다. 미세먼지의 제거 기구는 필터와 같이 큰 입자는 걸러져 surface sites 방법에 의해 침적되고, 작은 입자가 기공 내로 침투할 시 crevice sites, constriction sites, cavern sites 3가지 방법에 의해 침적하여 미세먼지가 제거되는 것으로 판단된다.

<참고 문헌>

1. 환경부 (2016). 바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?
2. HEI (Health Effects Institute) (2019). Explore the interactive data.
3. OECD (2016). The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution.
4. 국립환경과학원 (2018). 2015 대기오염물질 배출량 통계.
5. 환경표지 인증기준 “EL245 투수 콘크리트 제품.”
6. Krishna Mishra, Yan Zhuge and Warna Karunasena (2013). Concrete 2013: Understanding Concrete conference, 16-18