

# -shotcrete용 혼합골재로서 스크리닝스의 활용성 연구

한승환<sup>1</sup> · 유태석<sup>2</sup> · 김낙영<sup>3\*</sup> · 김홍종<sup>2</sup>

<sup>1</sup>비회원, 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원

<sup>2</sup>비회원, 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원

<sup>3</sup>정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원

## Applicability of screenings for shotcrete's combined aggregates

Seung-Hwan Han<sup>1</sup>, Tae-Seok Yoo<sup>2</sup>, Nag-Young Kim<sup>3\*</sup>, Hong-Jong Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea expressway corporation, Researcher Director

<sup>2</sup>Korea expressway corporation, Chief Researcher

<sup>3</sup>Korea expressway corporation, Researcher Director

**ABSTRACT:** In the mix proportion of shotcrete, it was analyzed as required in terms of eco-friendly technology to take advantage of the screenings. Screenings of recycling can be a solution in order to overcome the quality degradation due to the recent lack of good quality sand as well as the utilization of waste materials. Five regional screening and screening replaced fine aggregates for physical characteristics were analyzed to evaluate the usability screenings as shotcrete's combined aggregate. It was analyzed the effect of particle size distribution in the combined aggregate for shotcrete and maximum replacement was estimated according to the type of screenings.

**Keywords:** Screenings, Shotcrete's combined aggregate, Physical characteristics

**요 지:** shotcrete의 배합에 스크리닝스를 활용하는 기술이 친환경적인 측면에서 필요할것으로 분석되었다. 따라서, 스크리닝스의 재활용은 단순히 폐자재의 활용에 의미가 있는 것뿐만 아니라, 최근의 양질 모래 부족으로 인한 품질저하를 극복하는 방안이 될 수 있다. 본 연구에서는, shotcrete용 혼합골재로서 스크리닝스의 활용성을 평가하고자 5개 지역별 스크리닝스에 대한 물리적인 특성과 스크리닝스를 혼합한 잔골재의 물리적인 특성, 그리고 shotcrete용 혼합골재의 입도분포에 미치는 영향을 분석하여 스크리닝스의 종류에 따른 최대 혼입량을 산정하였다.

**주요어:** 스크리닝스, shotcrete 혼합골재, 물리적 특성

## 1. 서론

최근 양호한 주행성능 확보와 운전자의 쾌적성을 도모하기 위하여 터널건설이 급증하고 있다. 그러나 수년전 고속철도 건설과 관련하여 천성산을 관통하는 터널로 인하여 주변환경을 훼손한다는 의견 충돌하였고 국가적인 관심을 불러 일으켰다. 그 이후 터널건설과 환경에 미치는 영향들을 최소화하기 위하여 친환경적 터널건설이 주요한 화두로 대두되고 있다. 본

연구에서는 shotcrete의 배합에 스크리닝스를 활용하는 기술이 친환경적인 측면에서 검토할 만한 가치가 있는 것으로 분석되었다. 따라서, 스크리닝스의 재활용은 단순히 폐자재의 활용에 의미가 있는 것뿐만 아니라, 최근의 양질 모래 부족으로 인한 품질저하를 극복하는 방안이 될 수 있다. 그리고 입도 면에서도 장점을 충분히 활용하여 최적의 배합을 도출한다면 품질 향상에 기여를 할 수 있을 것으로 분석되었다.(지영환 외, 2011)

본 연구에서는, shotcrete용 혼합골재로서 스크리닝스의 활용성을 평가하고자 스크리닝스에 대한 물리적인 특성과 스크리닝스를 혼합한 잔골재의 물리적인

\*Corresponding author: Nag-Young Kim

E-mail: ab6317@hanmail.net

Received March 20, 2013; Revised March 25, 2013;

Accepted March 28, 2013

특성을 분석하였다. 또한, 숯크리트용 혼합골재의 입도분포에 미치는 영향을 분석하여 스크리닝스의 종류에 따른 최대 혼입량을 산정하였다. 스크리닝스는 1지역(김해), 2지역(동홍천), 3지역(양평), 4지역(영동), 5지역(충주)을 선정, 생산되는 것을 사용하였다.

## 2. 스크리닝스

### 2.1 스크리닝스 기준

스크리닝스는 Fig. 1과 같이 모암으로부터 구조물용 또는 포장용 골재를 생산하는 과정에서 부산물로 얻어지는 5 mm 이하의 잔골재로서 스크리닝스에 포함되어 있는 슬러지를 제거하면 일종의 부순 모래를 의미한다. 이러한 스크리닝스의 대부분이 폐기되는 실정이었으나 2009년 도로공사 표준시방서가 개정되면서 Table 1과 같이 스크리닝스의 품질기준이 추가되어 린콘크리트, 보조기층 그리고 동상방지층 등에 일부 재활용되고 있다.(도로공사 표준시방서, 2009)

국내에서는 천연 골재 고갈에 따른 수급곤란으로 골재의 품질관리에 어려움이 있으며, 이에 따라 쇄석의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 쇄석 골재의 수요를 1년에 1억 m<sup>3</sup>으로 산정할 경우 2,500백만 m<sup>3</sup>의

스크리닝스가 발생하는 것으로 나타난다.

콘크리트용 잔골재로서 부순 모래를 사용할 경우 점착력 확보가 용이하여 중앙분리대에 많이 사용되고 있다. 이러한 부순 모래의 일종인 스크리닝스를 숯크리트용 혼합골재로 활용한다면 단순히 산업부산물의 재활용에 의미가 있을 뿐만 아니라 최근 양질 모래의 부족으로 인한 콘크리트의 품질저하를 극복할 수 있는 방안을 마련함과 동시에 숯크리트의 공법 특성상 불임성을 확보할 수 있어 숯크리트의 품질 향상에 기여할 수 있을 것이다.

스크리닝스의 품질기준을 추가하기 위하여 도로공사 표준시방서에 첨부된 내용을 살펴보면 #200체 통과량 변화에 따른 역학적 특성 분석 결과를 다음과 같이 기술하고 있다.

- 최적 함수비의 변화 : #200체 통과량이 증가할수록 최적함수비는 증가
- 최대건조밀도의 변화 : 최대건조밀도 변화곡선이 #200체 통과량 5~6%에서 변곡점 형성, 5~6% 이후에서는 최대건조밀도의 감소폭 증가
- 수정 CBR의 변화 : #200체 통과량이 증가할수록 수정 CBR은 감소, 대부분의 경우에서 수정 CBR이 30이상으로서 보조기층 재료의 품질기준은 만족

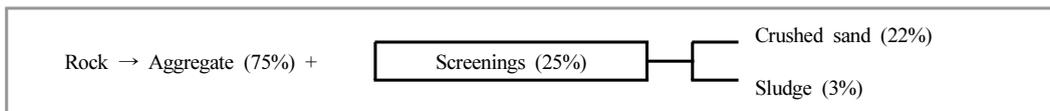


Fig. 1. Produced Ratio of Screenings

Table 1. Criteria of Screenings (Highway Standard Specification, 2009)

Test category	Specified value	
Plasticity index	9 or below	
Soundness test (%) (sodium sulfate used)	10 or below	
Quantity passing through 0.08 mm sieve (%)	For lean concrete	7 or below
	For subbase course and anti-frost course	10 or below
Content of clay lump (%)	1 or below	
Floating in liquid of 2.0 (g/cm <sup>3</sup> ) density (%)	0.5 or below	

- 동상특성의 변화 : #200체 통과량이 증가할수록 동상율이 감소, 동상성을 나타내는 동상율의 기준인 20%에 크게 미달
- 투수계수의 변화 : #200체 통과량이 증가할수록 투수계수가 감소, 보조기층 재료의 세골재로 모래를 사용하는 경우의 투수계수는  $1 \times 10^{-6}$  cm/s를 나타내므로 이 경우에 해당하는 #200체 통과량은 5% 정도로 나타나고 있음

타낸 것으로 부순 모래의 권장 입도분포를 만족하지 않는 것으로 나타났다.

1지역, 2지역, 3지역, 4지역, 5지역에서 생산되는 스크리닝스는 전체적으로 부순 모래의 권장 입도에 비하여 동일한 체를 통과하는 중량이 작고 잔류량이 많아 비교적 큰 입자를 주로 포함한 것으로 나타났으며 상대적으로 0.3 mm 이하의 미립분 함량 또한 많은 것으로 나타났다.

## 2.2 생산지역에 따른 스크리닝스의 특성

1지역, 2지역, 3지역, 4지역, 5지역에서 생산된 스크리닝스의 물리적 특성은 Table 2와 같다. 그림 2.2는 5개 지역에서 생산되는 스크리닝스의 입도분포를 나

## 2.3 생산지역에 따른 스크리닝스의 활용성 평가

### 2.3.1 숏크리트용 혼합골재의 기준 입도분포 곡선

생산지역에 따른 스크리닝스의 최대 혼입량을 산정하기 위하여 숏크리트용 혼합골재의 기준 입도 곡선

Table 2. Physical Properties of Screenings According to Product Area

Test items \ Division	AREA 1	AREA 2	AREA 3	AREA 4	AREA 5
Density	2.76	2.65	2.66	2.66	2.63
Absorptivity (%)	0.72	1.30	1.90	1.04	1.27
F. M.	3.66	4.14	3.20	3.62	3.33
Fines (%)	2.88	5.14	10.77	8.21	7.21
Organic material	Colourless	Colourless	Colourless	Colourless	Colourless
Clay lump (%)	0.77	2.58	3.68	4.25	5.31

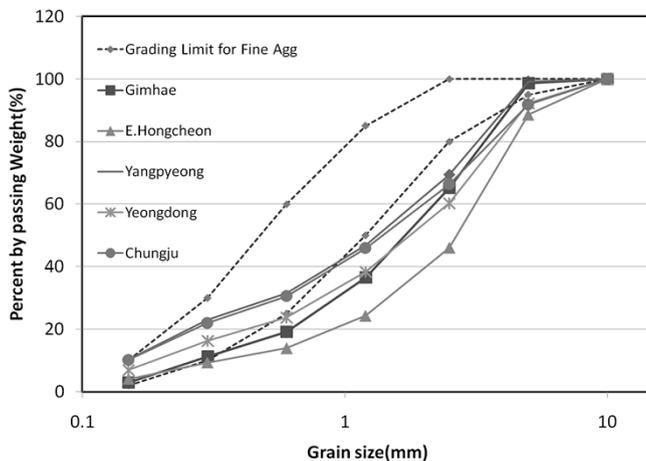


Fig. 2. Gradation of Screenings According to Product Area

으로서 최대치수 10 mm의 굵은 골재와 천연 강모래는 본래의 입도분포를 적용하여 잔골재율 60%로 혼합하였을 경우 숯크리트용 혼합골재의 권장 입도분포 범위를 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 굵은 골재와 잔골재는 각각 본래의 입도분포를 무시하고 이론적으로 분석한 결과를 적용하여 굵은 골재 및 천연 강모래 각각 No. 5와 No. 4의 입도분포를 만족하도록 제작한 후 숯크리트용 혼합골재의 권장 입도분포 범위를 만족하도록 한국도로공사에서 제시하는 잔골재율 60%로 혼합하여 적용하였다.

Fig. 3은 생산지역에 따른 스크리닝스의 최대 혼입량을 산정하기 위하여 숯크리트용 혼합골재의 기준 입도곡선을 나타낸 것이다.

### 2.3.2 생산지역에 따른 스크리닝스의 최대 혼입률 산정

숯크리트용 혼합골재의 기준 입도 곡선 그림 2.3을 바탕으로 1지역, 2지역, 3지역, 4지역, 5지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입률을 산정하였다.

Fig. 4는 숯크리트용 혼합골재의 기준입도 곡선을

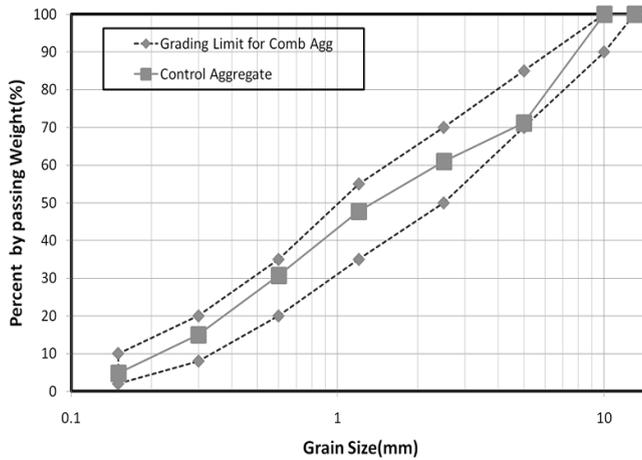


Fig. 3. Gradation According to the Criteria of the Mixed Aggregates

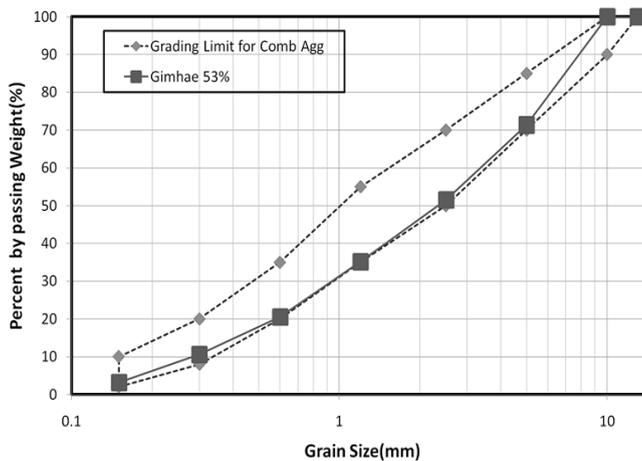


Fig. 4. Maximum Mixing Ratio of Area 1

바탕으로 1지역에서 생산되는 스크리닝의 혼입량을 산정한 것이다. 숏크리트용 혼합골재의 권장 입도 분포 범위를 만족하는 범위에서 최대 53% 까지 혼입할 수 있는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 숏크리트용 혼합골재의 기준 입도 곡선을 바탕으로 2지역에서 생산되는 스크리닝의 혼입량을 산정한 것이다. 숏크리트용 혼합골재의 권장 입도 분포 범위를 만족하는 범위에서 최대 20% 까지 혼입할 수 있는 것으로 나타났다.

Fig. 6은 숏크리트용 혼합골재의 기준 입도 곡선을

바탕으로 3지역에서 생산되는 스크리닝의 혼입량을 산정한 것이다. 숏크리트용 혼합골재의 권장 입도 분포 범위를 만족하는 범위에서 최대 71% 까지 혼입할 수 있는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 숏크리트용 혼합골재의 기준 입도 곡선을 바탕으로 4지역에서 생산되는 스크리닝의 혼입량을 산정한 것이다. 숏크리트용 혼합골재의 권장 입도 분포 범위를 만족하는 범위에서 최대 32% 까지 혼입할 수 있는 것으로 나타났다.

Fig. 8은 숏크리트용 혼합골재의 기준 입도 곡선을

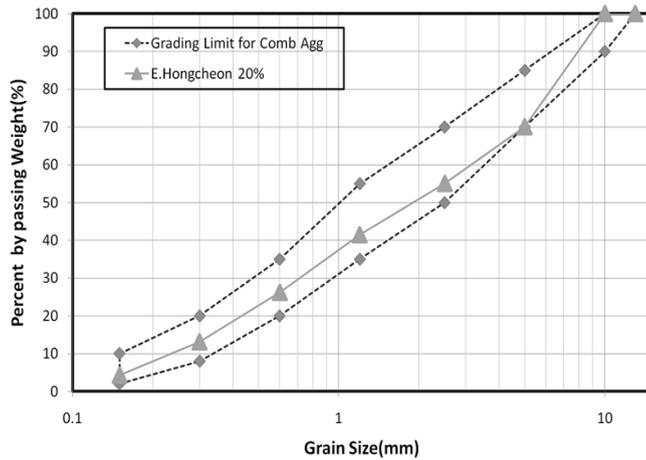


Fig. 5. Maximum Mixing Ratio of Area 2

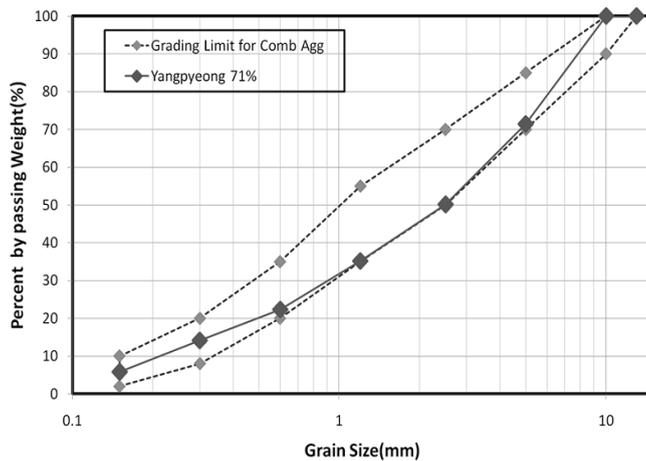


Fig. 6. Maximum Mixing Ratio of Area 3

바탕으로 5지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량을 산정한 것이다. 숯크리트용 혼합골재의 권장 입도 분포 범위를 만족하는 범위에서 최대 30% 까지 혼입할 수 있는 것으로 나타났다.

Fig. 2와 같이 각각의 지역에서 생산되는 스크리닝스는 입도분포의 차이를 보이고 있으므로 숯크리트용 혼합골재의 기준 입도 곡선을 바탕으로 혼입할 수 있는 스크리닝스의 혼입량에도 차이를 보이고 있다. 또한 숯크리트용 혼합골재의 기준 입도 곡선의 위치에 따라 스크리닝스의 혼입률에 차이가 발생할 것이

다. 실제 현장에서는 사용되어지는 숯크리트용 혼합골재의 입도분포를 분석하여 스크리닝스의 최대 혼입량을 산정해야 할 것이다.

모암으로부터 구조물용 또는 포장용 골재를 생산하는 과정에서 요구되는 골재의 최소 사이즈에 해당되는 체 이외에 더 작은 체 세트를 구성하여 숯크리트용 혼합골재로서 스크리닝스의 재활용 및 품질관리를 위하여 일정한 품질을 갖는 스크리닝스의 체계적인 생산이 요구된다.

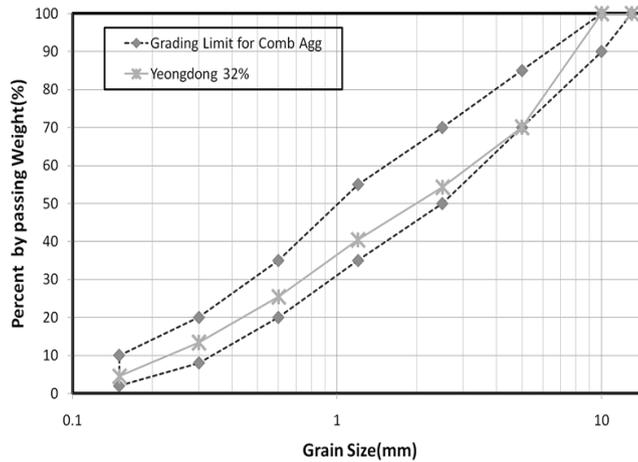


Fig. 7. Maximum Mixing Ratio of Area 4

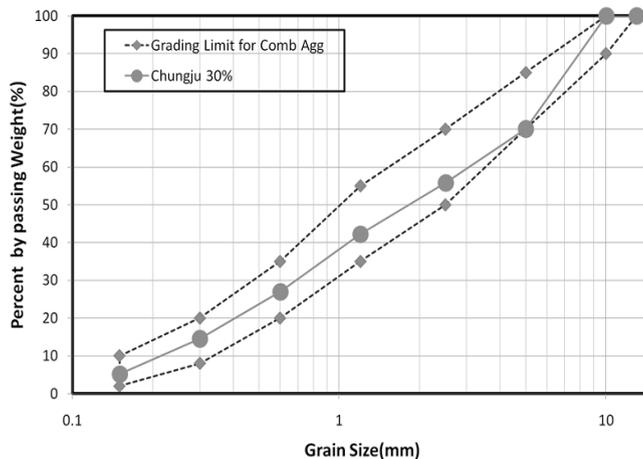


Fig. 8. Maximum Mixing Ratio of Area 5

## 2.4 스크리닝스의 혼입에 따른 혼합 잔골재의 물리적인 특성

입도를 조절한 천연 강모래와 1지역, 2지역, 3지역, 4지역, 5지역에서 생산되는 스크리닝스의 최대 혼입에 따른 혼합 잔골재의 밀도 및 흡수율을 Fig. 9와 Fig. 10에 각각 나타내었다.

생산지역에 따른 스크리닝스 최대 혼합 잔골재의 밀도는 1지역을 제외한 대부분의 경우 2.50에서 2.65의 범위로 B등급을 만족하는 것으로 나타났으며 1지

역의 스크리닝스를 최대 혼입한 경우에는 2.68로 A등급을 만족하는 것으로 나타났다.

생산지역에 따른 스크리닝스 최대 혼합 잔골재의 흡수율은 3지역을 제외한 대부분의 경우 0.64에서 1.13의 범위로 A등급을 만족하는 것으로 나타났으며 3지역의 스크리닝스를 최대 혼입한 경우에는 흡수율이 1.62%로 B등급을 만족하는 것으로 나타났다.

췁크리트용 혼합골재의 기준 입도범위를 바탕으로 각 지역에서 생산되는 스크리닝스의 최대 혼입량을 혼입한 결과 혼합골재의 밀도 및 흡수율은 콘크리트

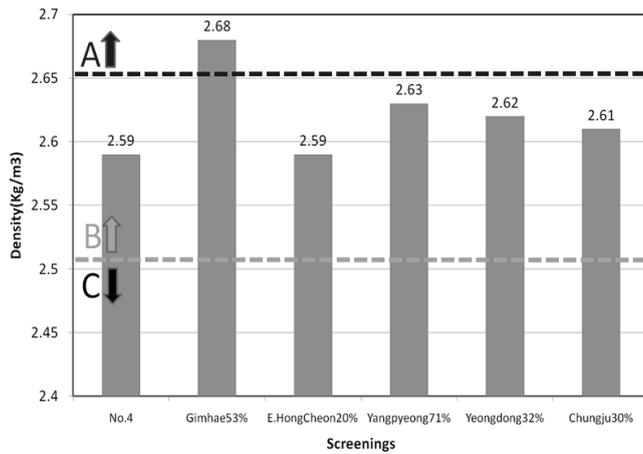


Fig. 9. Density of the Mixture of Fine Aggregate

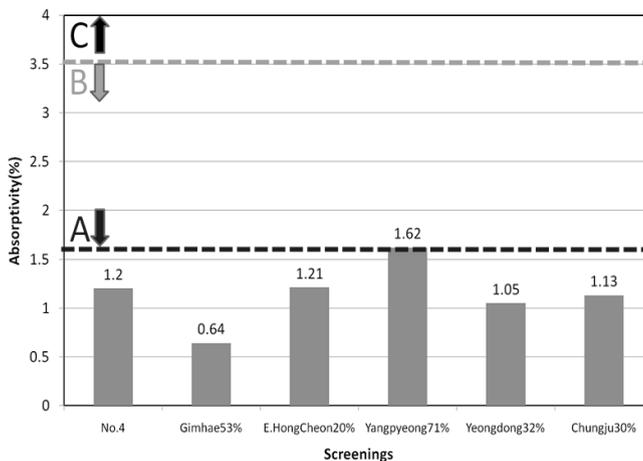


Fig. 10. Absorptivity of the Mixture of Fine Aggregate

용 골재의 품질기준을 만족하므로 사용이 가능하다는 것을 확인하였다.

### 2.4.1 1지역 스크리닝스의 최대 혼입량에 따른 밀도 및 흡수율 변화

1지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량에 따른 혼합 잔골재의 밀도 및 흡수율은 Fig. 11과 Fig. 12와 같다. 1지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량이 증가할수록 혼합 잔골재의 밀도는 증가하는 경향으로 나타났으며 흡수율은 다소 감소하나 차이가 크지 않

은 것으로 나타났다.

### 2.4.2 2지역 스크리닝스의 최대 혼입량에 따른 밀도 및 흡수율 변화

2지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량에 따른 혼합 잔골재의 밀도 및 흡수율은 그림 Fig. 13과 Fig. 14와 같다.

2지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량이 증가할수록 혼합 잔골재의 밀도는 다소 증가하는 경향으로 나타났으며 흡수율은 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

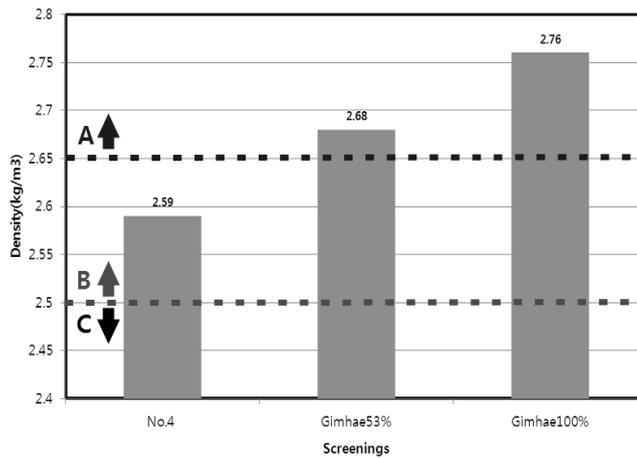


Fig. 11. Density Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 1)

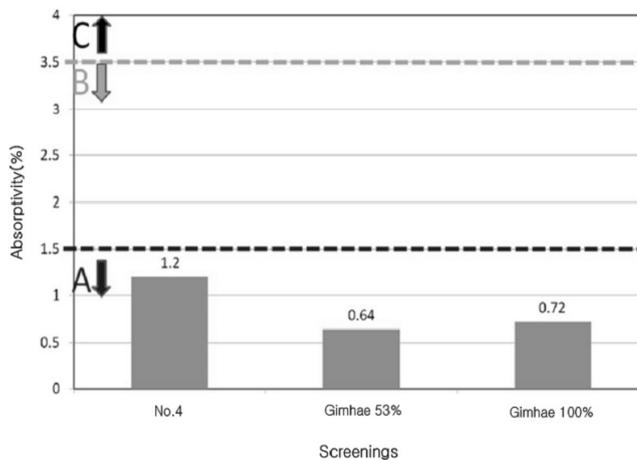


Fig. 12. Absorptivity Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 1)

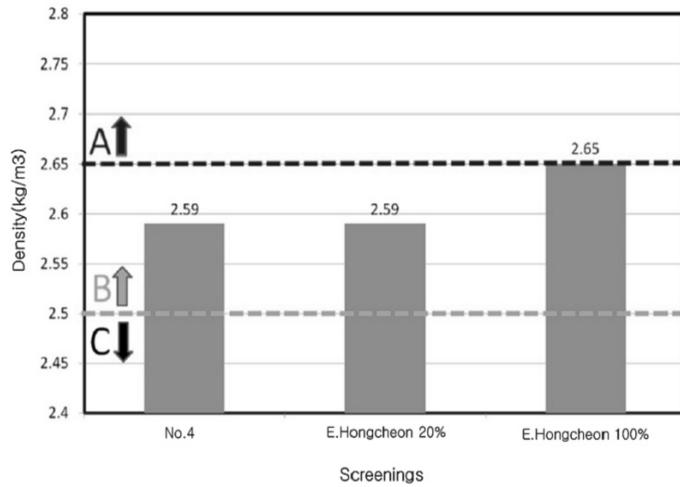


Fig. 13. Density Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 2)

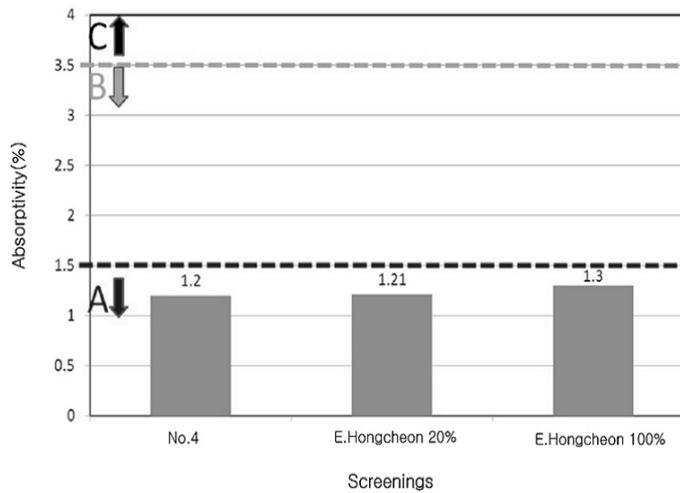


Fig. 14. Absorptivity Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 2)

#### 2.4.3 3지역 스크리닝스의 최대 혼입량에 따른 밀도 및 흡수율 변화

3지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량에 따른 혼합 잔골재의 밀도 및 흡수율은 Fig. 15와 Fig. 16과 같다. 3지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량이 증가할수록 혼합 잔골재의 밀도 및 흡수율은 다소 증가하는 경향으로 나타났다.

#### 2.4.4 4지역 스크리닝스의 최대 혼입량에 따른 밀도 및 흡수율 변화

4지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량에 따른 혼합 잔골재의 밀도 및 흡수율은 Fig. 17과 Fig. 18과 같다. 4지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량이 증가할수록 혼합 잔골재의 밀도는 증가하는 경향으로 나타났으며 흡수율은 감소하는 경향으로 나타났다.

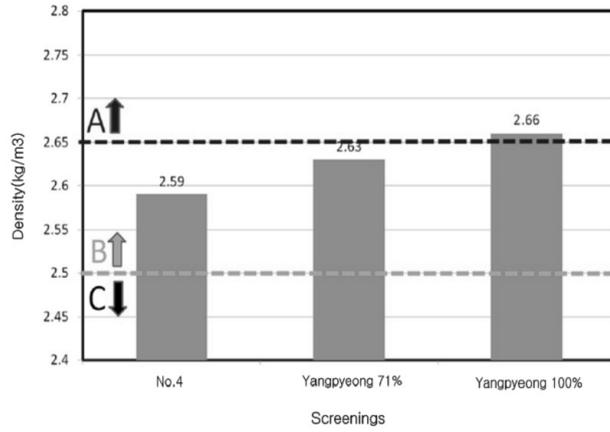


Fig. 15. Density Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 3)

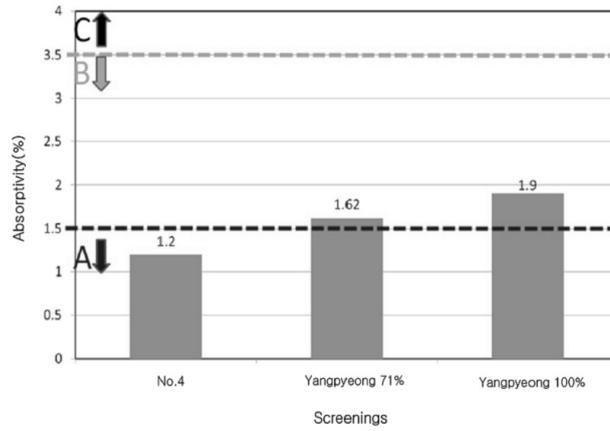


Fig. 16. Absorptivity Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 3)

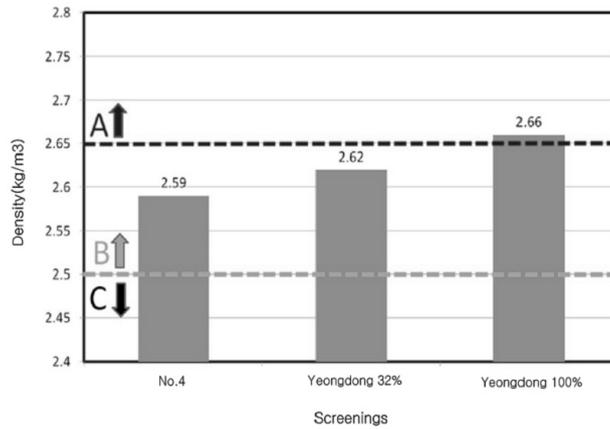


Fig. 17. Density Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 4)

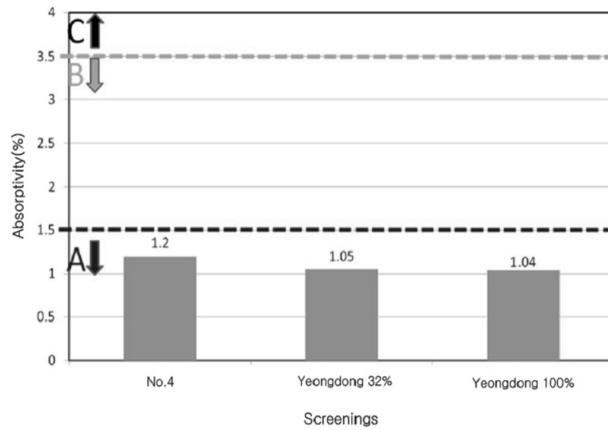


Fig. 18. Absorptivity Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 4)

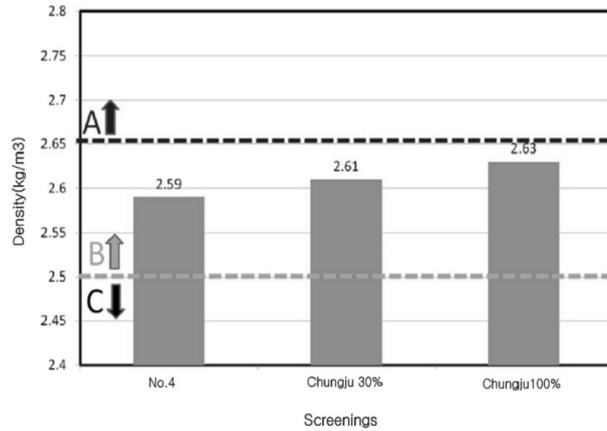


Fig. 19. Density Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 5)

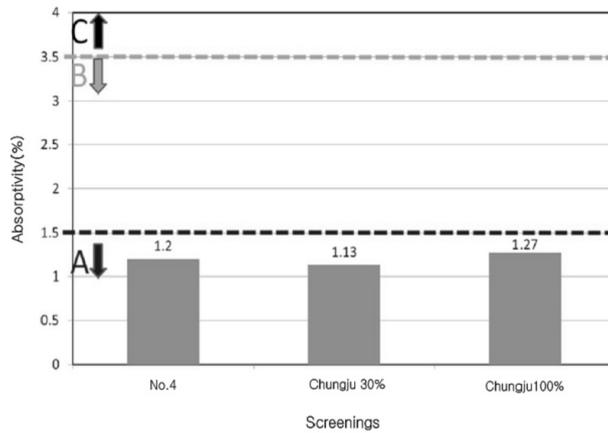


Fig. 20. Absorptivity Change by the Replacement of Sand with Screenings (AREA 5)

#### 2.4.5 5지역 스크리닝스의 최대 혼입량에 따른 밀도 및 흡수율 변화

5지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량에 따른 혼합 잔골재의 밀도 및 흡수율은 Fig. 19와 Fig. 20과 같다. 5지역에서 생산되는 스크리닝스의 혼입량이 증가할수록 혼합 잔골재의 밀도는 증가하는 경향으로 나타났으며 흡수율은 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

### 3. 결론

숏크리트용 혼합골재로서 스크리닝스의 활용성을 평가하고자 숏크리트용 혼합골재의 기준 입도곡선을 바탕으로 생산지역에 따른 스크리닝스의 최대 혼입률을 산정하였으며 스크리닝스가 혼입된 혼합 잔골재의 물리적인 특성을 분석하였다. 분석된 결과는 다음과 같다.

1. 생산지역에 따른 스크리닝스 최대 혼합 잔골재의 밀도는 1지역을 제외한 대부분의 경우 2.50에서 2.65의 범위로 B등급을 만족하는 것으로 나타났으며 1지역의 스크리닝스를 최대 혼입한 경우에는 2.68로 A등급을 만족하는 것으로 나타났다.
2. 생산지역에 따른 스크리닝스 최대 혼합 잔골재의 흡수율은 3지역을 제외한 대부분의 경우 0.64에서 1.13의 범위로 A등급을 만족하는 것으로 나타났다.

며 3지역의 스크리닝스를 최대 혼입한 경우에는 흡수율이 1.62%로 B등급을 만족하는 것으로 나타났다.

3. 각 지역별 숏크리트용 혼합골재의 권장 입도분포 범위를 만족하는 범위에서 53%, 20%, 71%, 32%, 30% 까지 혼입할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 실제 현장에서는 사용되어지는 숏크리트용 혼합골재의 입도분포를 분석하여 스크리닝스의 최대 혼입량을 산정해야 할 것이다. 모암으로부터 구조물용 또는 포장용 골재를 생산하는 과정에서 요구되는 골재의 최소 사이즈에 해당되는 체 이외에 더 작은 체 세트를 구성하여 숏크리트용 혼합골재로서 스크리닝스의 재활용 및 품질관리를 위하여 일정한 품질을 갖는 스크리닝스의 체계적인 생산이 요구된다.

### 참고문헌

1. Younghwan Ji, Jisu Jeong, Chunkyu Chung, Seung Lee (2011), "A study on the flexural toughness characteristics of half-circle type steel fiber reinforced shotcrete", Journal of Korean tunnelling and underground space association, Vol. 13, No. 3, pp. 83-89.
2. Specification of road construction (2009), "Chapter 15. construction material", pp. 15-40~15-43.