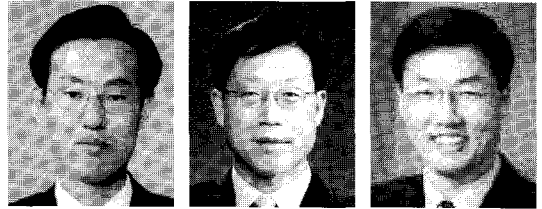


보조기층 및 동상방지층용 골재 생산시 스크리닝스 활용



이 경 하 | 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
 손 종 철 | 정회원 · 건설교통부 도로건설팀 서기관
 이 선 득 | 정회원 · 건설교통부 감사팀

1. 개요

보조기층 및 동상방지층용 혼합골재 생산을 위한 골재파쇄시 골재의 입도조정을 위하여 세골재로 천연모래를 투입하고 있으며, 천연모래의 투입비는 혼합골재의 중량비로 30%이다.

현재 보조기층 및 동상방지층 재료생산을 위한 세골재로 적용중인 천연모래는 골재원의 고갈추세로 공급하기가 점점 어려워지고 있으며, 도로 건설비용에 천연모래 구입비가 포함되어 있다.

그러므로, 보조기층 및 동상방지층용 골재 생산시 세골재로 적용하고 있는 천연모래 대신 부산물인 스크리닝스를 사용하여 하상골재의 고갈에 대처하고, 건설예산을 절감하고자 한다.

여기서, 스크리닝스라 함은 구조물용 및 포장용 골재 생산시 부산물로 얻어지는 부순 잔골재를 의미한다.

살펴보면, 미국에서는 보조기층 재료 생산시 골재입도 조정용 세골재로 스크리닝스를 선택적으로 사용하고 있다. 일본에서는 일본아스팔트 포장요강에서 노반(보조기층) 재료용 입도조정쇄석을 생산시 쇄석, 제강슬래그, 모래, 스크리닝스 등을 혼합할 수 있도록 규정하고 있다.

보조기층 및 동상방지층 재료용 입상토의 역학적 특성은 0.08mm(#200체)통과분의 양과 질에 의해 크게 지배를 받으며 미국 쇄석협회(National Crushed Stone Association: NCSA)에 따르면 #200체 통과량이 4~6%를 넘으면 투수성이 급격히 감소되는 것으로 나타났다.

세립분 함유량 변화에 따른 보조기층재료의 역학적 특성을 살펴보기 위하여 세골재로 구분되는 모래와 점토 및 스크리닝스를 투입하여 최적함수비, 최대 건조밀도, 수정 CBR, 투수계수, 동상특성을 분석하였다.

2. 세골재 함유율 변화에 따른 혼합골재의 특성

스크리닝스골재로 사용되고 있는 외국의 사례를

2.1 #200체 통과량 변화에 따른 최적함수비의 변화

그림 1에서 #200체 통과량이 증가할 수록 최적함수비는 증가하는 것으로 나타났다

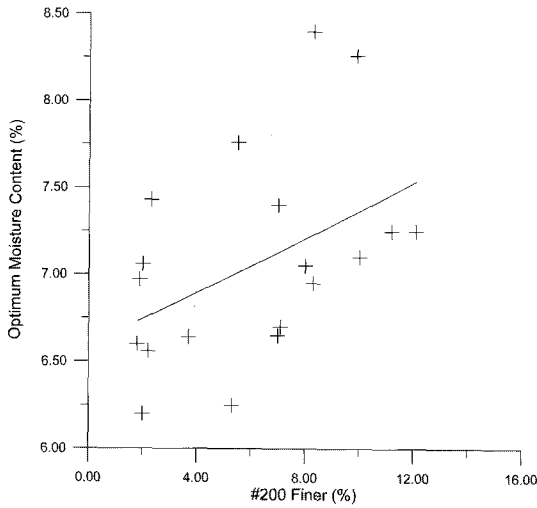


그림 1. #200체 통과량 변화에 따른 최적함수비의 변화

2.2 #200체 통과량 변화에 따른 최대건조밀도의 변화

그림 2에서 #200체 통과량 변화에 따른 최대건조밀도의 변화곡선은 #200체 통과량이 5~6%에서 변곡점을 형성하고, 5~6%이후에서는 최대건조밀도의 감소폭이 증가하는 것으로 나타나고 있다.

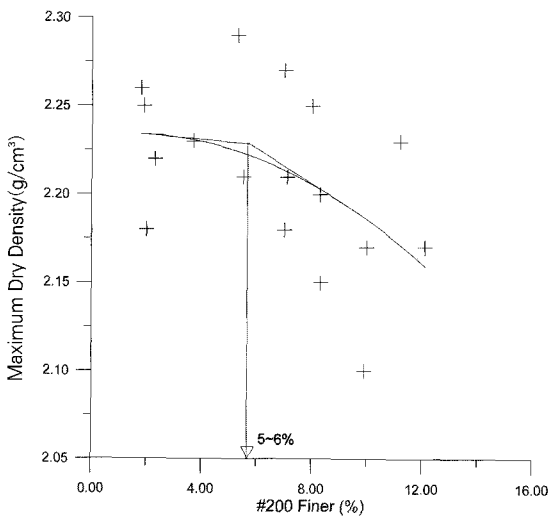


그림 2. #200체 통과량 변화에 따른 최대건조밀도의 변화

2.3 #200체 통과량 변화에 따른 수정 CBR의 변화

그림 3에서 #200체 통과량 변화에 따른 수정 CBR의 변화는 #200체 통과량이 증가할수록 수정 CBR은 감소하는 경향을 나타냈으나 대부분의 경우에서 수정 CBR이 30이상으로 보조기층 재료의 품질기준에 만족하는 것으로 나타났다.

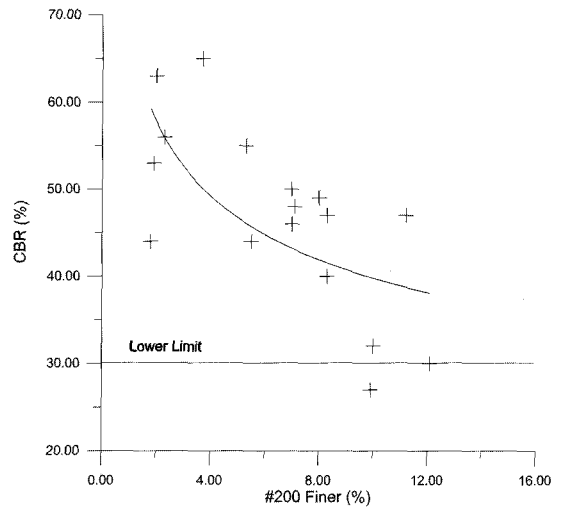


그림 3. #200체 통과량 변화에 따른 수정 CBR의 변화

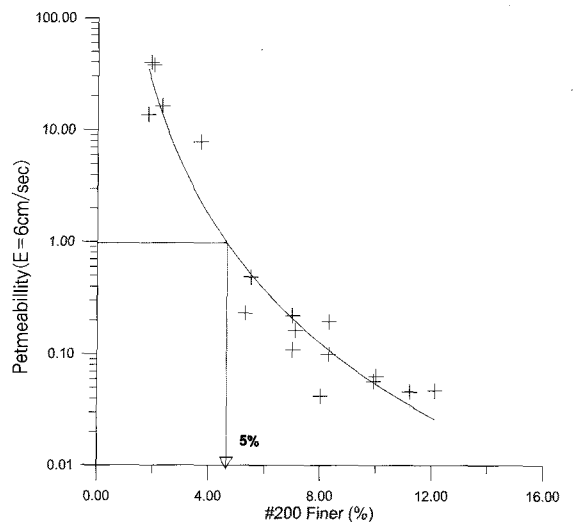


그림 4. #200체 통과량 변화에 따른 투수계수의 변화

2.4 #200체 통과량 변화에 따른 투수계수의 변화

그림 4에서 #200체 통과량 변화에 따른 투수계수의 변화특성은 #200체 통과량이 증가할수록 투수계수가 감소하는 특성을 갖고 있으며, 보조기층 재료의 세골재로 모래를 사용하는 경우의 투수계수는 $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 로 나타나므로 이 경우에 해당하는 #200체 통과량은 5%정도로 나타나고 있다.

2.5 #200체 통과량 변화에 따른 동상특성의 변화

그림 5에서 #200체 통과량 변화에 따른 동상특성의 변화는 #200체 통과량 증가에 따라 동상율이 감소하는 특성을 나타내며, 동상성을 나타내는 동상율의 기준인 20%에는 크게 못미치므로 동상에는 양호한 것으로 나타났다. 동상시험에서 동상율은 다음과 같이 구할 수 있다(일본도로협회).

$$\text{동상율}(\%) = \frac{\text{시체의동결후높이} - \text{공시체의최초높이}}{\text{공시체의최초높이}} \times 100$$

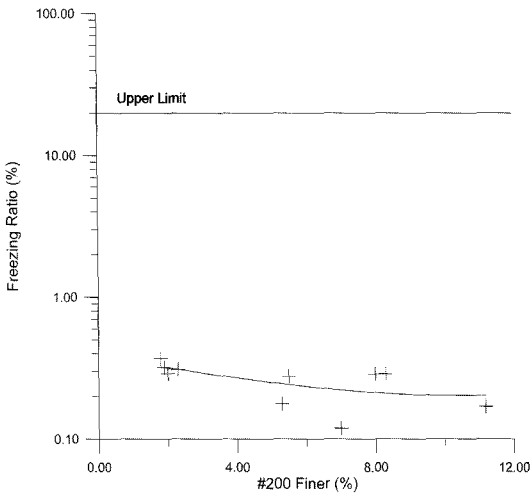


그림 5. #200체 통과량 변화에 따른 동상특성의 변화

2.6 분석결과

이상의 결과를 종합해 볼 때, 보조기층재료 생산

을 위한 세골재 투입시 합성골재의 입도가 0.08mm 통과량이 5%까지는 다짐특성, 강도특성, 투수특성, 동상특성을 만족하며 0.08mm 통과량이 5%를 넘을 경우에는 투수특성에 문제가 있을 수 있으므로 합성골재의 0.08mm 통과량은 5% 이하로 유도하는 것이 보조기층 재료의 역학적 특성에 문제가 없는 것으로 판단된다.

3. 스크리닝스의 현장시험

스크리닝스의 실내시험 결과를 보완 및 검증하기 위하여 현재 고속도로 시공현장 중에서 그림 6과 같이 1개 현장에서 생산되고 있는 골재를 채취하여 합성골재의 입도에 대한 검증시험을 실시하였으며, 채

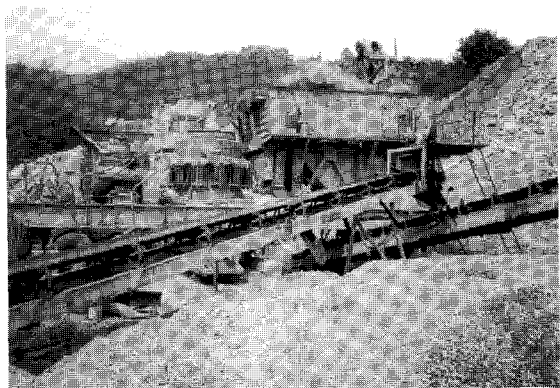


그림 6. 스크리닝스를 이용한 혼합골재 생산

표 1. 보조기층용 골재의 입도

체크기(mm)	통과중량 백분율(%)		
	쇄석	모래	스크리닝스
50.0	100	100	100
25.4	82.2	100	100
19.0	64.9	100	100
4.75	24.4	100	99.9
2.00	14.5	97.9	65.2
0.042	5.5	32.1	22.6
0.074	1.9	2.5	7.2

표 2. 스크리닝스 함량변화에 따른 보조기층용 합성골재의 입도

체크기 (mm)	통과중량 백분율(%)						
	30:0'	25:5'	20:10'	15:15'	10:20'	5:25'	0:30'
50.0	100	100	100	100	100	100	100
25.4	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5
19.0	75.4	75.4	75.4	75.4	75.4	75.4	75.4
4.75	47.1	47.1	47.1	47.1	47.1	47.1	47.1
2.00	39.5	37.9	36.2	34.6	33.0	31.3	29.7
0.042	13.5	13.0	12.5	12.0	11.6	11.1	10.6
0.074	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5

※ 모래 대 스크리닝스의 비

석골재, 모래 및 스크리닝스의 입도는 표 1과 같고, 모래와 스크리닝스의 함량변화에 따른 보조기층용 합성골재의 입도는 표 2와 같다.

그림 7과 표 3에서 스크리닝스 함량이 증가함에 따라 #200체 통과율과 최적함수비는 약간 증가하는 경향을 나타냈으며 최대건조밀도는 대략 비슷한 경향을 나타냈다.

따라서, 스크리닝스를 30%까지 투입하여도 #200체 통과율이 5% 이내로 투수성 및 동상성에 문제가 없는 것으로 판단되었다. 그러나 스크리닝스는 각 골재생산 현장마다 입도가 다르며 #200체 통과율

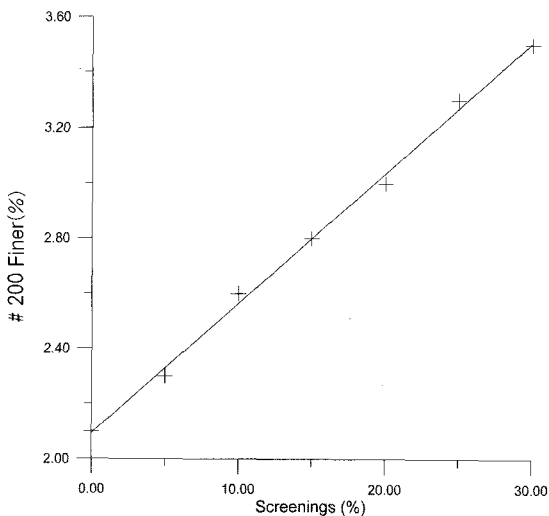


그림 7. 스크리닝스 투입량변화에 따른 #200체 통과율 변화

표 3. 모래와 스크리닝스 함량 변화에 따른 다짐 특성

구 분	모래 대 스크리닝스의 비			
	30:0	20:10	10:20	0:30
#200체 통과율(%)	2.1	2.6	3.0	3.5
최적함수비(%)	6.5	6.8	7.3	7.3
최대건조밀도(g/cm³)	2.24	2.29	2.24	2.24

이 특히 많은 현장도 발생하므로 보조기층 및 동상방지층 재료용 합성골재의 입도는 #200체 통과율이 5%이내가 되도록 규정하는 것이 필요하다.

실내시험결과가 전 지역에서 생산되는 스크리닝스의 품질을 대표하는 지를 검증하기 위하여 고속도로 건설현장에서 발생하는 스크리닝스에 대한 품질시험 결과를 통계 분석하여 표 4에 나타냈다.

품질시험 검토결과는 표 4에서 절대건조비중과 흡수율, 안정성은 기준을 대부분 만족하였으며, 골재의 입도는 부순 모래의 입도 기준과 비교해 보았을 때는 No.8체의 하한치를 벗어나는 경우가 많았으며, 두

표 4. 스크리닝스 품질시험결과

구 분	관측치	평균값	표준편차
비 중	20	2.71	0.06
흡수율(%)	21	1.25	0.81
안정성(%)	22	3.42	1.59
손실량(%)	21	8.67	4.92



그림 8. 세골재로 스크리닝스를 활용한 보조기층 다짐

번재로 0.15mm체의 상한치를 벗어나는 경우가 다소 발생하였다. 그렇지만 스크리닝스 자체는 골재의 입도기준이 필요없으므로 보조기층 및 동상방지층용 세골재로 사용하는데 문제가 없는 것으로 판단된다.

한하여야 하며, 스크리닝스의 품질관리기준에 적합한 것을 사용할 것을 제시하였다. 그 외에도 보조기층 및 동상방지층용 혼합골재 생산시 스크리닝스를 적용하기 위한 설계적용 기준은 표 5와 같다.

4. 분석 및 고찰

이상의 검토결과에서 보조기층 재료 생산시 골재 입도조정을 위한 세골재로 그림 9와 같이 스크리닝스를 사용할 수 있으며, 스크리닝스의 투입량은 혼합골재 중량의 20~30% 범위내에서 배합설계에 맞게 사용할 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구결과에서는 보조기층 및 동상방지층용 합설골재 생산을 위한 세골재로 스크리닝스 사용시, 합성골재의 #200체 통과율의 상한치는 5% 이내로 제

5. 결론

보조기층 및 동상방지층용 세골재로 천연모래 대신 건설부산물인 스크리닝스를 사용하게되면 하상골재 고갈로 인한 천연모래 자원의 부족 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 골재자원의 대체 뿐만 아니라 재료비가 비싼 천연모래 대신 부산물로 얻을 수 있는 스크리닝스를 사용하므로써 재료비와 사토비용의 절감 등 공사원가의 절감에도 상당부분 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

다만, 스크리닝스 사용시 토분이 많이 포함된 스크리닝스는 사용하지 말아야 하며, 적합한 품질의 스크리닝스만을 사용한다면 사회적, 경제적 측면에서 상당한 이익이 창출될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Transportation Research Record 741, "Use of Crushed Stone Screenings in Highway Construction", pp 40-42.
2. 일본 아스팔트포장요강, p 80, 1993.
3. 일본도로협회, 포장시험법편람, pp 103-109, 1983.

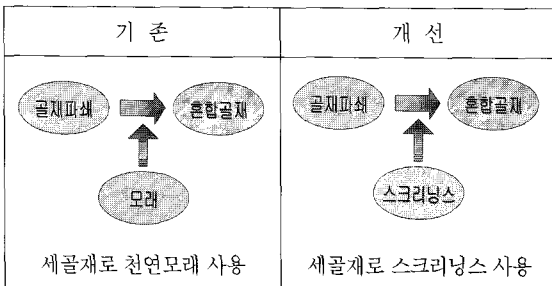


그림 9. 스크리닝스를 활용한 혼합골재 생산

표 5. 혼합골재 생산시 스크리닝스 적용기준

항 목	적 용 기 준
<ul style="list-style-type: none"> • 스크리닝스 발생량 • 스크리닝스 사용범위 • 스크리닝스 산출계수 <ul style="list-style-type: none"> - 단위중량 - 할 중 • 설계반영 <ul style="list-style-type: none"> - 스크리닝스 활용시 혼합골재의 모래구입 및 운반비 - 스크리닝스 활용에 따른 원석량 반영(토공유동상 반영) - 스크리닝스 활용 후 잔량 	<ul style="list-style-type: none"> • 구조물 및 포장용 골재중량의 25% • 혼합골재 중량의 30%까지 대체 (표준배합비 30%) <ul style="list-style-type: none"> - 1.7t/m³ 적용 - 6% 적용 - 대체 수량만큼 감액 - 스크리닝스 발생량만큼 원석량 반영 (스크리닝스량×1.7÷2.6) - (발생량-활용량)만큼 사토(토사)