

도로 보조기층재로서 채석장 석분토의 재활용가능성 분석

김경수^{1*} · 송영석¹

¹한국지질자원연구원 지질환경재해연구부

Recycle Possibility of the Stone-Dust in Quarry as Subbase Layer Materials of the Road

Kyeong-Su Kim^{1*}, and Young-Suk Song¹

¹Geological & Environmental Hazards Div., Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

채석장에서부터 원석을 채취하여 건축석재 및 쇄석골재 등으로 가공하는 과정에서 원석의 약 60% 정도가 폐석이나 석분토로 손실되고 있다. 이 중에서 폐석의 일부만이 도로포장용 쇄석골재로 활용되고 있을 뿐 대부분의 석분토는 석재의 가공이나 파쇄과정에서 분말형태로 물에 혼입되어 슬러지탱크에 침전되게 된다. 이러한 석분토가 방류되거나 살포되면 지표나 지중의 공극들이 메워져 지표수의 지중침투, 지하수의 흐름, 공기의 소통 등이 원활하게 이루어지지 않아 생태계에 악영향을 끼칠 수도 있다. 현행 우리나라 폐기물관리법(2003)에 따르면 석분토가 사업장 내에서 발생하는 산업폐기물로 분류되고 있어 대부분을 지중에 매설하고 있는 실정이다. 따라서 석분토의 물성 및 공학특성을 개량하여 효율적 재활용방안의 수립이 필요하다. 이 연구에서는 국내 채석장에서 발생하는 석분토의 개량 및 재활용 가능성을 분석하기 위해 6개 채석장에서부터 시험용 석분토 및 원지반토를 채취한 후, 이를 일정한 비율의 배합비로 제작한 혼합토를 대상으로 여러 토질시험을 실시하였다. 시험결과를 토대로 도로용 재료로서 석분토의 개량 및 재활용 가능성을 검토하였다.

주요어 : 채석장, 석분토, 물성개량, 도로용재, 재활용

An ore of stone obtained from quarry lose its about 60% such as the muck and the stone-dust during the process of making the architectural block, the crushed aggregate and so on. A part of the muck is only reutilized for the crushed aggregate as road pavement materials, while the most of the muck in the shape of powder is mixed with water and then it is deposited in a sludge tank. The muck in the shape of powder is called the stone-dust. If the stone-dust is discharged and sprayed, an ecosystem will have terrible damage because the seepage of surface water, the flow of ground water and the movement of air are not occurred smoothly by packing the void of soils. As the Waste Management Law (2003) in Korea, the stone-dust is sorted out the industrial waste and the most of that is dumped in ground. Therefore, the establishments of an efficient recycling plan are necessary through the improvement of engineering properties of the stone-dust. To investigate the possibility of recycle and improvement for the stone-dust, the stone-dust and natural soils are sampled from six quarries in Korea. The various soil tests are performed by use of the mixed soils with the stone-dust content ratio. As the result of various soil tests, the recycle possibility of the stone-dust is analyzed as subbase layer materials of the roads.

Key words : quarry, stone-dust, improvement of property, subbase layer material, recycle possibility

서 론

1990년대 중반 이후 하천 및 바다골재 등 자연골재의 생산량은 점점 감소되고 있는 반면, 석산개발을 통

한 산림골재의 생산량은 급격히 증가되는 추세에 있다. 그리고 콘크리트나 아스콘용 조골재보다는 특히 세골재로 이용되는 모래를 생산하는 과정에서 연간 80~100 만 m³의 석분토가 발생되고 있으며(이평구 외, 2006), 발생

*Corresponding author: kks@kigam.re.kr

된 석분토는 특별한 처리방법이나 재활용 없이 석산에 야적하거나 인근지역에 방치되고 있는 실정이다. 앞으로 자연골재의 생산량이 급감하고 산림으로부터 채취된 쇄석골재의 생산량이 크게 늘어날 수록 석분토의 발생량 또한 계속해서 증가될 것으로 예상된다. 석분토는 크러셔(crusher) 등으로 채석원석을 파쇄하여 골재를 생산하는 과정에서 필연적으로 발생하는 것으로서 상품화되는 골재를 제외한 나머지 부산물이기 때문에 입도조건만 미세립질의 형태를 갖는다. 따라서 석분토는 기본적으로 산림골재와 같이 동일한 원석에서 발생된 것이므로 질적인 측면에서 상품화되는 산림골재와 크게 차이가 없을 것으로 판단된다.

석분토가 폐기물관리법에서 산업폐기물로 분류되고 있을 뿐만 아니라 별도의 처리방법이나 재활용방안은 매우 미흡한 실정에 있다. 따라서 폐기물로만 인식되고 있는 석분토에 대한 합리적 처리와 효율적 재활용 방안의 필요성이 요구되는 시점이다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 지질조건을 고려하여 국내의 대표적인 산림골재 생산업체를 선정하여 현장에서 생산되는 석분토 및 인근지역의 원지반토를 채취한 후 실험실에서 배합조건을 각각 다르게 하여 각종 토질시험을 수행하였다. 그리고 석분토와 원지반토를 적정한 비율로 배합한 혼합토의 물성 및 공학특성을 개량함으로써 혼합토가 기존 도로용 보조기층재로서 품질기준에 적합한지를 비교 검토하였다.

석분토의 재활용 연구

석분토를 활용하기 위한 많은 연구가 계속적으로 시도되어 왔으나 아직까지 대규모의 재활용기술이나 공법 개발은 미비한 실정이다. 현재까지 발생지와 성분들이 다소 다르기는 하나 포괄적 개념에서 동일한 것으로 간주 될 수 있는 석분토(석분, 석분슬러지 및 폐석분 등)에 대한 재활용 연구사례로는 역청재료, 경량골재, 벽돌 및 콘크리트 제품 등에 혼합재료로서 적합성 분석을 들 수 있다.

서영찬 외(1995)는 석분토에 시멘트를 혼합한 후 안정 처리하여 도로용 포장재로 활용하기 위한 연구를 수행하였으며, 석분토의 품질, 배합설계, 각종 실내 및 현장시험, 시험포장, 포장설계법 등을 연구하여 실용화하는 과정에서 석분토 혼합포장재가 가열아스팔트 안정처리기층과 같은 기존 기층공법에 비해 경제성, 시공성 및 품질관리 측면에서 우수한 것으로 보고하였다.

마상준 외(2004)는 석분토를 이용하여 터널의 공동충전재를 제조하는 기술로 충전용 그라우팅 조성물 1m³에 물 190~200 kg, 시멘트 함량 235~350 kg, 고로슬래그 30~110 kg, 유동화제 0~0.05%, 기포제 0.60~0.61 kg, 기포수 30.4~30.7 kg를 넣어 배합하여 시멘트, 고로슬래그, 유동화제 및 물에 기포를 섞어 경량주입재료를 제조하는 연구를 수행하여 석분토가 터널의 공동부에 충전재료로서 활용이 가능한 것으로 보고하였다.

한편, 남정만 외(2005)는 석분토를 이용한 차수재의 적합성 연구를 통해 석분토의 함유비율을 80% 이하로 하면 강도와 투수계수 측면에서 매립지의 차수재료 품질기준에 적합한 것으로 평가됨으로써 석분토를 매립지 차수재료로 재활용 할 수 있는 것으로 보고한 바 있다.

연구지역 및 토질시험

본 연구에서는 다양한 국내 지질조건과 지리적 위치 등을 고려하여 대표적인 6개 채석장을 선정하였으며, 쇄석골재 생산현장에서 발생된 석분토와 인근지역의 원지반토를 각각 200 kg정도씩 채취하였다. 모든 시료는 밀봉한 상태로 현장조건이 최대한 유지되도록 실험실로 운반하였다. 시험시료의 채취위치는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 운반된 시험시료를 대상으로 비중, 함수비, 입도, 액성한계 및 소성한계 등의 물성시험을, 그리고 공학시험으로는 다짐, CBR 및 전단강도를 실시하였다.

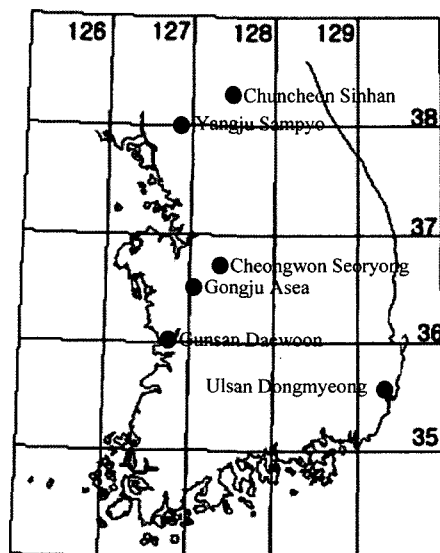


Fig. 1. Location of sampling site.

시험방법은 KS의 관련규정에 따라 시험하였으며, 특히 전단강도는 다짐시험에 의한 최적함수비조건에서 직접 전단시험을 실시하였다.

석분토 및 원지반토의 물리적 성질

각 시험시료에 대한 고유 물성을 측정하기 위해 석분토와 원지반토로 구분하여 물성시험을 실시하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

비중 및 함수비

석분토의 비중은 2.71~2.77이고 함수비는 15.32~24.90%의 범위로서 평균적으로는 각각 2.74 및 24.33%이다. 그리고 원지반토의 비중은 2.58~2.69이고 함수비는 0.98~8.02%의 범위로서 평균치는 2.66 및 3.80%인 것으로 나타났다. 이와 같이 석분토의 비중은 일반적인 골재의 2.5~2.7과 원지반토에 비해 더 높다. 특히 함수비는 원지반토에 비해 매우 높은데, 이는 침적되어 있는 슬러지탱크로부터 이송된 석분토를 고압탈수기(filter pressure)에 의해 압착하는 방법으로 탈수시키기 때문에 최종산물인 케이크(cake) 형태의 석분토에 수분이 많이 함유되어 있다.

연경도

연경도는 액성한계, 소성한계 및 소성지수로 나타낼 수 있는데, Table 1에서 보는 바와 같이 석분토의 액성한계와 소성한계는 각각 28.71~32.61% 및 15.83~18.80%

의 범위에 있으며, 평균적으로는 30.01% 및 17.66%이다. 그리고 소성지수는 9.91~15.36의 범위로서 평균적으로는 12.32인 것으로 나타났다. 한편, 양주 삼표에서 채취된 시료를 제외한 원지반토의 액성한계와 소성한계는 각각 31.82~38.87% 및 19.89~22.19%의 범위로서 평균적으로는 4.36% 및 21.06%이다. 그리고 소성지수는 10.76~16.68의 범위로서 평균적으로는 13.30인 것으로 나타났다. 양주 삼표에서 채취된 원지반토는 비소성(non-plastic, NP)인 것으로 나타났는데, 이는 세립토의 함유량이 매우 적은데서 비롯되는 결과로 해석된다. 이와 같이 양주 삼표의 시료를 제외하고는 석분토에 비해 원지반토의 연경도가 전반적으로 큰 것으로 분석되었다.

입도

Table 2는 입도분석 시험결과로부터 구한 입도관련 지수들을 나타낸 것으로 유효경은 석분토가 0.008~0.178 mm의 범위로서 평균 0.06mm이고, 원지반토는 0.21~0.80 mm의 범위로서 평균 0.44 mm인 것으로 나타나 석분토가 상대적으로 매우 작은 것으로 분석되었다. 한편, 통일분류법에 의하면 석분토는 점토질모래 혹은 입도분포가 나쁜 모래로 분류되고, 원지반토는 입도분포가 나쁜 모래질 혹은 자갈섞인 혼합토로 분류된다. 그리고 미세립의 함유비율을 알 수 있는 200번체 통과율이 석분토는 평균적으로 18% 정도로서 원지반토의 약 2%에 비해 훨씬 높은 것으로 나타났다.

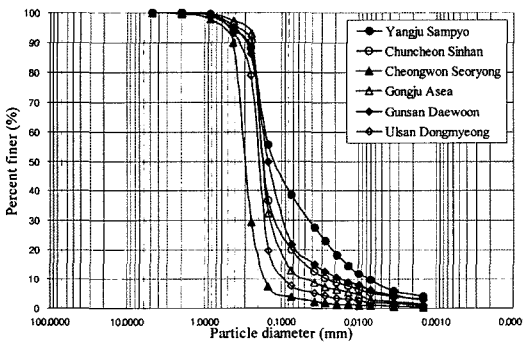
Fig. 2는 각 대상현장의 석분토 및 원지반토에 대한 입도분포곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같

Table 1. Physical properties of test materials(stone-dust and natural soil).

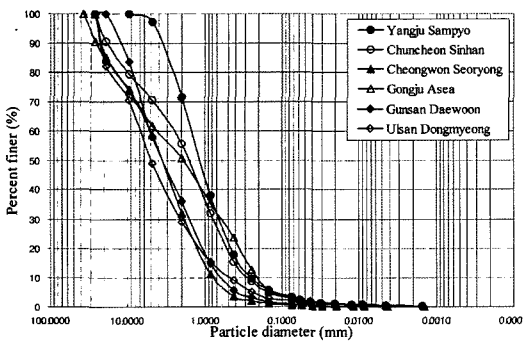
Sample name	Specific gravity	Moisture content (%)	Consistency (%)			Grain size distribution (%)			Geology	
			Liquid limit	Plastic limit	Plasticity index	Gravel	Sand	Fines		
Stone-dust	Yangju Sampyo	2.72	22.24	32.61	18.30	14.31	-	61.53	38.47	biotite granite
	Chuncheon Sinhan	2.71	17.99	29.02	17.69	11.33	-	80.05	19.95	bended gneiss
	Cheomgwon Seoryong	2.75	23.49	28.71	18.80	9.91	-	96.34	3.66	biotite gneiss
	Gongju Asea	2.77	22.63	30.73	18.50	12.23	-	86.82	13.18	granitic gneiss
	Gunsan Daewoon	2.76	15.32	26.77	15.83	10.94	-	78.26	21.74	andesite
	Ulsan Dongmyeong	2.71	24.90	32.20	16.84	15.36	-	92.43	7.57	bended gneiss
	Average	2.74	19.43	30.01	17.66	12.32	-	82.57	17.43	
Natural soil	Yangju Sampyo	2.64	6.18	non plastic			2.66	94.05	3.29	biotite granite
	Chuncheon Sinhan	2.58	1.14	32.46	21.05	13.21	29.54	67.42	3.04	bended gneiss
	Cheomgwon Seoryong	2.68	0.98	31.82	21.06	10.76	41.37	58.00	0.63	biotite gneiss
	Gongju Asea	2.68	2.17	32.72	19.89	12.83	38.21	58.47	3.32	granitic gneiss
	Gunsan Daewoon	2.69	4.30	34.11	21.09	13.02	41.80	57.32	0.88	andesite
	Ulsan Dongmyeong	2.69	8.02	38.87	22.19	16.68	51.15	46.82	2.03	bended gneiss
	Average	2.66	3.80	34.36	21.06	13.30		63.68	2.20	

Table 2. Grain size index and soils distribution of test materials.

Sample name	Effective size (mm)	Uniformity coefficient	Coefficient of gradation	Percent passing No. 200 sieve (%)	USCS
Stone-dust	Yangju Sampyo	0.008	22.0	38.47	SC
	Chuncheon Sinhan	0.025	7.8	19.95	SC
	Cheongwon Seoryong	0.178	0.7	3.66	SP
	Gongju Asea	0.050	3.8	21.18	SC
	Gunsan Daewoon	0.018	9.7	3.2	SC
	Ulsan Dongmyeong	0.095	2.2	1.5	SP-SC
	Average	0.06	7.87	2.22	17.43
Natural soil	Yangju Sampyo	0.25	6.4	3.29	SW
	Chuncheon Sinhan	0.29	8.6	3.04	SP
	Cheongwon Seoryong	0.80	6.3	0.9	SP
	Gongju Asea	0.21	19.5	0.4	SP
	Gunsan Daewoon	0.64	7.8	0.9	SP
	Ulsan Dongmyeong	0.46	14.6	1.4	GP
	Average	0.44	10.53	0.95	2.20



(a)



(b)

Fig. 2. Grain size distribution curve: (a) Stone-dust; (b) Natural soil.

이 자갈이나 모래크기의 조립자들이 섞여 있는 원지반 토에 비해서 모래크기보다 작은 실트나 점토크기의 세립-미세립자뿐만 아니라 구성된 석분토의 입도가 더 균등할 뿐만 아니라 유효경 또한 더 작은 것으로 나타났다.

혼합토의 물리적 성질 및 공학적 특성

석분토 자체만으로는 도로 보조기층재로서 물성과 공학적특성이 미비하여 사용이 불가능하기 때문에 채석장 주변으로부터 확보가 용이한 원지반토를 섞어서 재질을 개선하면 충분히 재활용이 가능할 것이다. 이러한 토질 개량을 목적으로 석분토와 원지반토를 일정한 비율로 배합한 혼합토를 제작하여 물성과 공학적특성을 분석하였다. 혼합토는 석산별로 Table 3과 같이 각각의 배합비율을 달리한 총 5개 시료로 구분된다.

물리적 성질

Fig. 3은 혼합토의 배합조건에 따른 비중시험 결과를 나타낸 것으로, 그림에서 보는 바와 같이 석분토의 혼합비율이 감소됨에 따라 비중 또한 전반적으로 낮아지는 경향성을 보였다.

Fig. 4는 혼합토의 배합조건에 따른 연경도를 나타낸 것이다. Fig. 4(a)에서 보는 바와 같이 석분토의 혼합비율이 낮을 수록 액성한계가 약간 증가하는 경향을 보이 나 그 증가량은 매우 작다. 그리고 혼합비율이 다른데도

Table 3. Mixing conditions between stone-dust and natural soil.

Mixed sample	Stone-dust (%)	Natural soil (%)
A	100	0
B	75	25
C	50	50
D	25	75
E	0	100

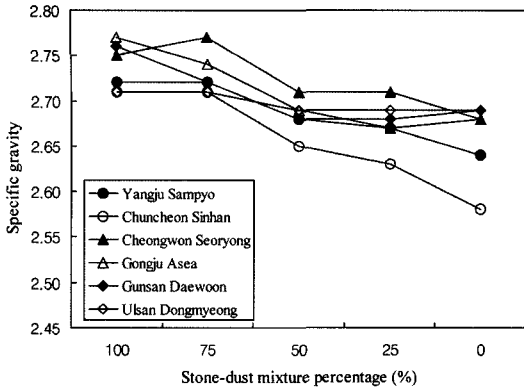
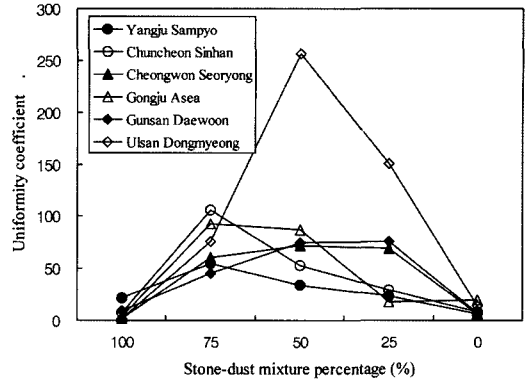
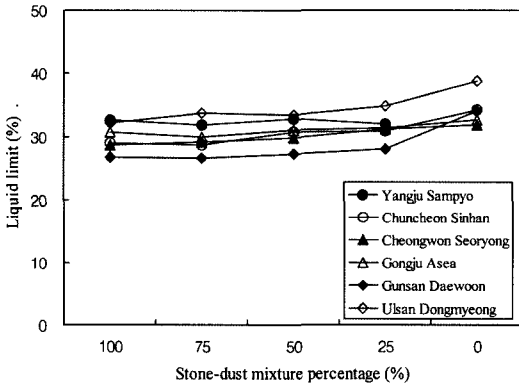


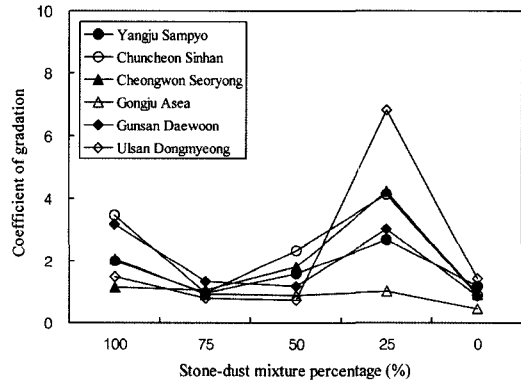
Fig. 3. Specific gravity according to the mixing conditions.



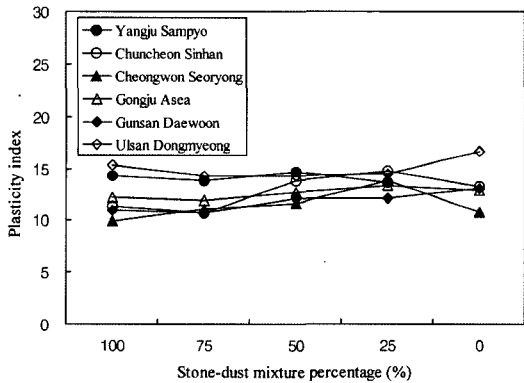
(a)



(a)



(b)



(b)

Fig. 4. Consistency according to the mixing conditions: (a) Liquid limit; (b) Plastic index.

소성지수는 변화가 거의 없음을 알 수 있다(Fig. 4(b)). 따라서 석분토의 혼합비율과 액성한계 및 소성지수의

Fig. 5. Coefficient of uniformity and coefficient of curvature according to the mixing conditions: (a) Uniformity coefficient; (b) Coefficient of curvature.

변화는 직접적으로 관련되지 않는 것으로 분석되었다.

Fig. 5는 혼합토의 배합조건에 따른 균등계수 및 곡률계수를 나타낸 것이다. Fig. 5(a)에서 보는 바와 같이 석분토의 혼합비율이 감소함에 따라 균등계수가 증가하다가 점점 감소하는 경향성을 보이는데, 석분토 혼합비율이 50~75%일 경우 가장 크게 증가하는 것으로 분석되었다. 그리고 곡률계수는 석분토의 혼합비율 75%까지는 다소 감소하다가 75% 이하에서는 석분토의 혼합비율이 낮을수록 증가하여 25%일 경우 최대로 증가되는 것으로 분석되었다(Fig. 5(b)).

한편, 유효경은 석분토의 혼합비율이 낮을수록 대체로 증가되는 반비례적 관계를 보였다. 이와 같은 결과로 볼 때, 석분토와 원지반토를 적당한 비율로 혼합하여 사용하면 미세립질로만 구성된 석분토의 불량한 입

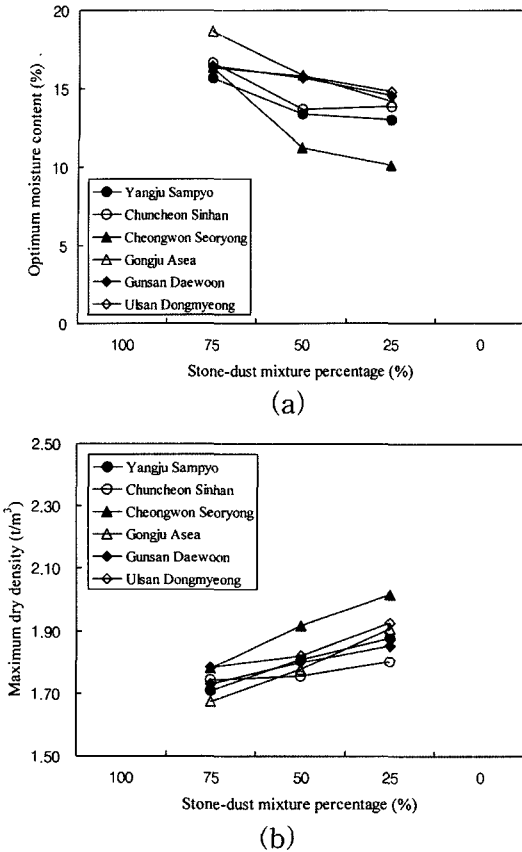


Fig. 6. Optimum water content and maximum dry unit weight according to the mixing conditions: (a) Optimum water content; (b) Maximum dry unit weight.

도조성 및 물성을 양호하게 개선할 수 있다.

최적함수비 및 최대건조밀도

Fig. 6은 다짐시험에 의한 혼합토의 배합조건에 따른 최적함수비 및 최대건조밀도를 나타낸 것이다. Fig. 6(a)에서 보는 바와 같이 석분토의 혼합비율이 낮을 수록 최적함수비도 감소됨으로써 전반적으로 비례적인 경향성을 보이는데, 석분토의 혼합비율이 25%인 경우 최적함수비는 10.1~14.8%의 범위에 있으며, 평균적으로 13.43%인 것으로 나타났다.

이와는 다르게 최대건조밀도는 석분토의 혼합비율이 낮을수록 증가되는 반비례적 관계로서 석분토의 혼합비율이 25%인 경우 최대건조밀도가 1.80~2.02 t/m^3 의 범위에 있으며, 평균적으로 1.90 t/m^3 인 것으로 나타났다(Fig. 6(b)). 이처럼 석분토의 혼합비율이 낮을 수록 최대건조밀도는 증가하고 최적함수비는 감소됨으로써 원

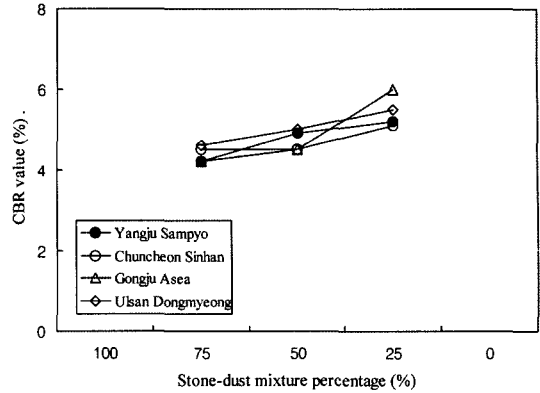


Fig. 7. CBR value according to the mixing conditions.

지반토의 혼합으로 인한 석분토의 개량효과가 있는 것으로 분석되었다.

지지력비(CBR)

Fig. 7은 혼합토의 배합조건에 따른 CBR 시험결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 모든 시료는 석분토의 혼합비율이 낮을 수록 CBR은 증가되는 경향성을 보이며, 석분토 혼합비율이 25%인 경우 CBR은 5.1~6.0%의 범위로서 평균적으로 5.45%인 것으로 나타났다. 이처럼 일정한 범위에서는 석분토의 혼합비율이 감소됨에 따라 혼합토의 지지력이 전반적으로 증가되는 경향성을 보였다.

전단강도

Table 4는 혼합토의 배합조건에 따른 전단강도를 나타낸 것으로 점착력(c) 및 전단저항각(ϕ)으로 구분하여 정리한 것이다. 전단시험은 6개 채석장 중에서 대표적으로 양주 삼표 및 공주 아세아의 혼합토만을 대상으로 실시하였으며, 시험은 다짐시험에 의한 최적함수비 및 최대건조밀도 조건에서 실시하였다. 시험결과 Table 4에서 보는 바와 같이 2개 지역 모두에서 석분토의 배합비율이 높을수록 점착력은 증가하고 내부마찰각이 감소하는 경향성을 보이는 것으로 나타났다.

Fig. 8은 수직응력이 1.57 t/m^2 일 경우 석분토와 혼합토를 대상으로 혼합비율에 따른 전단강도를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 석분토의 혼합비율이 감소됨에 따라 전단강도는 증가하며, 혼합비율이 25%인 경우가 가장 큰 전단강도를 가지는 것으로 분석되었다. 이러한 양상으로 볼 때 2개 지역의 혼합토 뿐만 아니라 6개 채석장 모두에서 석분토 혼합비율이 증가될수록 전

Table 4. Shear strength parameters according to the mixing conditions.

Classification (Stone-dust : Natural soil)	Yangju Sampyo		Gongju Asea	
	c (t/m ²)	ϕ (°)	c (t/m ²)	ϕ (°)
A (100:0)	0.52	30.2	0.45	29.3
B (75:25)	0.51	30.8	0.51	30.6
C (50:50)	0.48	32.1	0.48	31.5
D (25:75)	0.44	33.4	0.40	34.2
E (0:100)	-	-	-	-

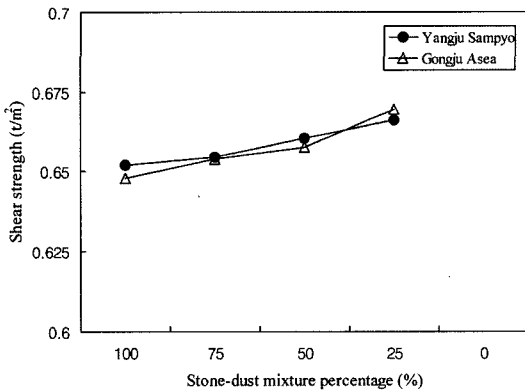


Fig. 8. Shear strength according to the mixing conditions.

단강도는 작아질 것으로 판단되기 때문에 혼합토의 사면활동에 대한 저항력 또한 감소될 것으로 예상된다. 따라서 최적 단강도를 재현하기 위해서는 석분토 혼합 비율을 25~50%로 조절함이 좋을 것으로 판단된다.

도로용 보조기층재로서 혼합토의 적합성 검토

앞에서 언급한 바와 같이 이 연구에서는 석분토와 원지반토를 섞어 만든 혼합토에 대해 도로용 노상재료로 활용할 수 있는지를 검토하였다. 도로용 재료들 가운데 노상재료란 일반적으로 도로포장의 하부에 위치하는 성토 혹은 절토의 최상부 1m까지를 말하는 것으로, 포장과 일체가 되어 교통하중을 지지하는 중요한 역할을 하

게 된다. 한국도로공사 표준시방서에서는 노상재료로 사용하기 위해서는 Table 5와 같은 품질기준을 충족해야만 함을 규정하고 있다. 다만, Table 5의 품질기준에 적합하지는 못하나 경제적인 시공이 필요할 경우에는 감독관의 승인을 얻은 후 노상의 하부 60cm에 한하여 Table 6과 같은 품질기준에 적합한 재료를 사용할 수 있다(도로설계요령, 2002; 도로설계실무편람, 1996).

대상현장으로부터 채취된 석분토와 원지반토를 일정 비율로 섞어 만든 혼합토를 대상으로 도로 노상재료로서의 적합성을 검토하기 위해 각 시험결과들을 한국도로공사 표준시방서에 제시된 품질기준과 비교분석하였다. Table 7은 앞에서 각 대상현장마다 5가지 배합조건으로 시험한 결과들 중 물성 및 공학특성의 개선효과가 큰 2가지 배합비율(석분토와 원지반토 비율이 50%:50% 및 25%:75%)인 경우의 혼합토를 대상으로 도로 노상재료로서 적합성을 검토한 것이다. 표에서 보는 바와 같이 노상의 상부 1m까지의 품질기준을 적용하였을 경우 최대치수, 4.75mm 체통과율 및 0.075mm 체통과율은 모두 적합하나 소성지수 및 CBR값은 조건에 미흡하였다. 그러나 석분토 배합비율이 25%인 혼합토는 노상의 하부 60cm의 품질기준에 모두 적합한 것으로 나타났다. 따라서 배합비율을 달리한 여러 혼합토 중에서 석분토 25%와 원지반토 75%의 비율로 섞은 혼합토의 경우 도로 노상하부 60cm의 재료로 적합하여 도로용재료 사용이 가능한 것으로 평가되었다.

Table 5. Standard value of subbase layer materials.

Classification	Maximum dimension	Percent passing 4.75 mm sieve	Percent passing 0.075 mm sieve	Plasticity index	Correction of CBR
Criterion	100 mm under	25~100%	0~25%	10 under	10 over

Table 6. Standard value of construction materials below 60 cm from road surface.

Classification	Maximum dimension	Percent passing 4.75 mm sieve	Percent passing 0.075 mm sieve	Plasticity index	Correction of CBR
Criterion	150 mm under	25~100%	50% under	20 under	5 over

Table 7. Applicability of the mixed soils as road construction materials.

Sample name	Mixture ratio	Maximum dimension (mm)	Percent passing 4.75 mm sieve (%)	Percent passing 0.075 mm sieve (%)	Plasticity index	Correction of CBR
Quality standard	Upper part 1m of road	100	25~100	0~25	< 10	> 10
	Lower part 60 of road	150	25~100	< 50	< 20	> 5
Yangju Sampyo	C (50:50)	81	96.42	22.21	14.65	4.9
	D (25:75)	81	97.01	12.46	13.63	5.2
Chuncheon Sinhan	C (50:50)	78	88.11	20.36	13.80	4.5
	D (25:75)	78	92.55	15.18	14.81	5.1
Cheomgwon Seoryong	C (50:50)	85	82.03	21.19	11.60	5.2
	D (25:75)	85	80.99	16.86	13.84	6.2
Gongju Asea	C (50:50)	64	76.49	26.41	12.71	4.5
	D (25:75)	64	73.69	8.67	13.32	6
Gunsan Daewoon	C (50:50)	72	78.28	22.76	12.15	5
	D (25:75)	72	68.60	12.24	12.07	5.3
Ulsan Dongmyeong	C (50:50)	87	62.20	22.40	14.26	5
	D (25:75)	87	47.84	12.00	14.52	5.5

결 론

이 연구에서는 국내 산림골재 채석장에서 발생하는 석분토의 개량 및 재활용 가능성을 분석하기 위해 석분토와 원지반토를 일정한 배합비로 섞은 혼합토를 대상으로 여러 토질시험을 실시한 후 도로 보조기층재로서 적합성을 검토하였다.

(1) 석분토와 원지반토의 혼합비율이 감소됨에 따라 유효경은 증가하고 균등계수와 곡률계수는 석분토 혼합비율이 25~75%일 경우 크게 증가한다. 그리고 석분토와 원지반토를 혼합하면 입도조성과 물성이 개량된다.

(2) CBR은 석분토와 원지반토의 배합비에 따라 달라지며 석분토 혼합비율이 낮을 수록 최적함수비는 감소되고 최대건조밀도는 증가되는데, 석분토 혼합비율 25%인 경우의 혼합토는 CBR이 크게 향상됨으로써 지지력이 최대로 증가된다.

(3) 모든 혼합토가 최적 다짐조건에서 내부마찰각 29° 이상으로 비교적 양호하며, 혼합토에서 석분토 혼합비율의 증가는 전단강도 저하요인으로 작용되나 석분토 혼합비율을 25~50%로 조절할 경우 필요 전단강도의 확보가 가능하다. 따라서 최적 전단강도를 재현하기 위해서는 석분토 혼합비율을 25~50%로 조절함이 좋다.

(4) 혼합토에 대한 도로 노상재료로서 적합성을 검토한 결과 노상의 상부 1m까지의 품질기준에는 다소 미흡하였으나 석분토 25%와 원지반토 75% 비율로 섞은 혼합토는 노상하부 60cm용 노상재료로서 적합한 것으로 평가되었다.

(5) 석분토가 산업폐기물로 분류되고 있어 채석현장

이나 지중에 매설함으로써 자원낭비 및 처리비용의 증가요인이 되고 있으나, 석분토를 적당한 배합비로 원지반토와 혼합하여 물성과 공학특성을 개량함으로써 효율적 재활용이 가능하다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본연구사업인 “지질재해 피해 평가기술 및 대응기술 실용화사업”과제의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 남정만, 윤중만, 김기영, 김광일, 2005, 현무암 석분슬러지를 이용한 차수재의 적합성에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 22(5), 464-471.
- 마상준, 김동민, 안상철, 이상욱, 2004, 실내실험을 통한 지하공동 충전재 개발에 관한 연구-석분토를 주재료로 활용한 실험-, 한국폐기물학회지, 22(1), 67-78.
- 서영찬, 박광현, 남영국, 이성희, 1995, 석분 Screenings 기층의 아스팔트포장 상대강도계수 결정 연구, 대한토목학회논문집, 15(5), 1233-1239.
- 이평구, 엄승준, 홍세선, 김경수, 윤현수, 음철현, 신성천, 김원영, 박성원, 강민주, 연구훈, 이옥중, 2006, 석분토의 특성 및 활용방안을 위한 연구, 한국골재협회, 391p.
- 한국도로공사, 1996, 도로설계실무편람; 토질 및 기초, 255p.
- 한국도로공사, 2002, 도로설계요령, 542p.

2007년 5월 7일 원고접수, 2007년 6월 14일 게재승인

김경수

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
305-350 대전광역시 유성구 가정동 30
Tel: 042-868-3054
Fax: 042-861-9723
E-mail: kks@kigam.re.kr

송영석

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
305-350 대전광역시 유성구 가정동 30
Tel: 042-868-3035
Fax: 042-861-9723
E-mail: yssong@kigam.re.kr