

해양 준설세립토의 재사용성 분석에 관한 연구

A Study on the Analysis of Reusability of Marine Dredged Fine-grained Soils

김 채 민¹⁾ · 목 정 흠¹⁾ · 최 용 규[†]

Chaemin Kim · Jeongheum Mork · Yongkyu Choi

Received: February 11th, 2015; Revised: March 2nd, 2015; Accepted: July 22nd, 2015

ABSTRACT : A large amount of dredged soils occur in the marine purification project but dredged fine-grained soils have been abandoned as a waste. The standards as filling materials, banking materials, revetment blocks and concrete blocks were surveyed. Through the geotechnical tests of marine dredged fine-grained soils and the alkali-activation reaction, the usability as banking materials, revetment blocks and concrete blocks were analyzed. Dredged sands could be used as banking materials, and dredged fine-grained soils could be used as filling materials. A mixture of dredged fine-grained soils and dredged sands could be used as banking materials. Materials produced by the alkali-activation reaction could be used as a revetment block and a concrete block.

Keywords : Marine purification business, Dredged fine-grained soils, Alkali-activation reaction, Banking materials, Revetment blocks

요 지 : 해양정화사업으로 많은 양의 준설토가 발생하고 있는데 이 중 입자가 작은 준설세립토는 폐기물로 버려지고 있는 실정이다. 일반매립제와 성토재 및 호안블록, 콘크리트 블록으로서의 사용성을 확인하기 위하여 관련 기준들을 고찰하였으며, 준설세립토에 대한 지반공학적 물성시험과 알칼리 활성화 반응을 통하여 성토재, 호안블록 및 콘크리트 블록으로서의 사용성을 분석하였다. 준설토 중 준설모래는 성토재로서 사용이 가능하였으며, 준설세립토만으로 일반 매립제로 사용이 가능하였다. 그리고 준설세립토와 준설모래를 혼합하여 성토재로 사용할 수 있었다. 고로수재 슬래그와의 알칼리 활성화 반응을 통하여 생성된 재료는 호안블록 및 콘크리트 블록 등으로 사용할 수 있었다.

주요어 : 해양정화사업, 준설세립토, 알칼리 활성화 반응, 성토재, 호안블록

1. 서 론

현재 세계적으로 환경에 대한 관심이 증가하고 있다. 미국 및 캐나다에서는 자연정화, 현장처리, 퇴적물 제거, 표면 피복 및 주위환경차단 등에 정화된 오염퇴적물을 활용하고 있다. 국내의 경우 Park et al.(2000)은 제강슬래그 복토정화법을 활용하여 해양퇴적물을 정화하는 연구를 진행하였으며 이성재 등(2002)은 준설 퇴적물 분류 및 오염물질의 물리 화학적 전처리 연구를 진행하였고, 해양수산부(2002)는 해양환경공정시험법을 제정하여 해양환경 개선에 많은 노력을 기울이고 있다.

최근 해양정비사업으로 인해 많은 양의 준설토가 발생하고 있으며, 이 준설토의 재사용과 처리에 관해 정부 및 시민단체 등에서 많은 논의가 진행되고 있다. 해양정비사업으로 발생하는 준설토 중 일부의 경우 건설재료로 재사용되고 있

으나 사용성이 부적합한 준설세립토의 경우 폐기물로 분류되어 버려지고 있는 실정이다.

Table 1, 2에는 2000~2012년에 발생한 국내 항만준설토의 현황을 나타내었다.

해양정비사업으로 발생하는 준설토 중 일부의 경우 건설재료로 재사용되고 있으나 그 양이 미미한 반면 폐기물로 버려지는 준설세립토의 양은 준설토의 80% 정도를 차지하고 있다.

이 연구에서는 준설세립토를 활용하기 위하여 해양오염정화선을 이용하여 부산 남항에서 채취한 준설토를 4가지로 분류하여 지반공학적 특성을 분석하였다. 그리고 준설세립토의 재활용방안을 고려하기 위하여 상기 4가지 중에서 준설모래와 준설세립토를 혼합하여 조제된 2가지 혼합시료에 대한 성토재로서의 사용 가능성을 확인하였다. 그리고 알칼리 활성화 반응을 통하여 제작된 시편들에 대하여 임의

1) Department of Civil Engineering, University of Kyungshung

† Department of Civil Engineering, University of Kyungshung (Corresponding Author : ykchoi@ks.ac.kr)

양생기간을 거친 후 휨강도 및 압축강도 시험을 실시하여 준설세립토의 고화재료(강도재)로서의 사용 가능성을 분석하였다.

2. 성토재의 품질기준

2.1 고속도로공사 전문시방서

Korea Expressway Corporation(2009)에서는 ‘표준시방서 제3장 토공사’의 2.1.3절에서 ‘액성한계 50% 이상, 건조밀도 14.7kN/m³ 이하, 간극률 42% 이상, 소성한계 25% 이상

Table 1. Amount of marine dredged soils in Korea (2000~2006 year) (Park et al., 2011)

Year	Generation amount (m ³)	Composition ratio (%)
2000	25,125,900	8.98
2001	30,057,600	10.75
2002	62,198,900	22.24
2003	49,240,100	17.61
2004	65,292,400	23.35
2005~2006	47,827,400	17.08
Total	279,742,300	100.00
Average	46,382,980	

Table 2. Amount of marine dredged soils in Korea (2007~2012 year) (해양수산부, 2013)

Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Generation amount (m ³)	21,781,427	25,980,090	21,507,725	18,971,966	31,195,833	21,140,859

Table 3. Quality standard of bank materials (Korea Expressway Corporation, 2009)

Division	Roadbed	Subgrade	Method of test
Maximum size (mm)	300 >	100 >	-
Modified CBR	2.5 <	10 <	KS F 2320
Passing of No. 4 sieve (5 mm) (%)		25~100	KS F 2302
Passing of No. 200 sieve (0.075 mm) (%)		0~25	KS F 2301, KS F 2309
Plasticity index		10 >	KS F 2303

Table 4. Quality standard of bank materials (Korea Land & Housing Corporation, 2012)

Division	Unit	method of test	Quality standard	
			Subgrade	Roadbed
Maximum size	mm	KS F 2502	100 >	300 >
Passing of No. 4 sieve (5 mm)	%	KS F 2302	25~100	
Passing of No. 200 sieve (0.075 mm)	%	KS F 2302, KS F 2309	0~25	
Plasticity index		KS F 2303	10 >	
Modified CBR		KS F 2320	10 <	2.5 <
Dry density after compaction	kN/m ³			14.7 <
Content of foreign material	%	KS F 2576	1.0 >	1.0 >

인 흙은 흙쌓기 재료로 사용할 수 없다.’고 규정하고 있으며 노체와 노상토의 품질기준을 Table 3에 나타내었다.

2.2 LH 전문시방서

Korea Land & Housing Corporation(2012)에서 제안하고 있는 품질기준을 Table 4에 나타내었다.

2.3 기타 기관의 기준

서울특별시의 전문시방서(서울특별시, 2009), 건설교통부 제정 토목공사 표준일반시방서(대한토목학회, 2005), 한국수자원공사의 댐 및 상수도공사 전문시방서(한국수자원공사, 2008)의 성토재 품질기준도 한국도로공사와 LH공사의 품질기준과 차이는 없는 것으로 확인되었다.

3. 해양오염정화선

3.1 해양오염정화선 개요

급속한 도시화 및 산화업화로 인하여 도시 및 산업지역의 해양은 육상의 오염물질을 처리하는 곳이 되었으며, 그

결과 해양 생태계의 변화를 가져오게 되어 해저 토양의 오염이 심각하게 되었다. 이러한 오염을 해소하기 위하여 바다의 오염 퇴적물을 육상으로 운반하여 정화한 뒤 준설토 투기장에 옮기는 방식의 해양정화사업이 진행되었으나, 많은 운반비와 준설토 투기장에서의 악취나 해충 등이 발생하였다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 해양오염정화선이 개발되었으며, 해양오염정화선을 통하여 해상에서 오염된 퇴적물을 정화하고 정화된 준설토를 재활용 할 수 있게 되었다.

3.2 해양오염준설토의 처리

해양오염정화선은 해저의 오염된 흙을 준설토하여 드럼스크린에서 자갈 및 조개류를 제거하고 1차 자력분리기를 통하여 철의 성분을 분리하여 이물질들을 분리하여 낸다(Fig. 1). 분리된 준설토 중 75 μ m 스크린 잔류 성분은 다단사이클론과 진동스크린을 통과하여 운반선에 적재되어 건설재료로써 재사용된다. 그리고 그 외의 준설토는 반응조에 투입되며 이때 미세기포를 발생시켜 기름 및 유기물을 제거하게 된다. 여기서 채취된 준설토는 침전조와 다단탈수기를 통과하여 각각 입자가 다른 준설토로 분류된다. 즉 준설토는 다단탈수기를 통하여 50 μ m 스크린 잔류분, 30 μ m 스크린 잔류분, 10 μ m 스크린 잔류분으로 분류되고 10 μ m 스크린 통과분은 부상분리조를 통하여 폐기물로 처리된다.

3.3 정화 준설토의 구분

해양준설토는 중금속이 제거된 75 μ m 스크린 잔류분과 준설토로 분류된다. 이렇게 분류된 준설토, 즉 75 μ m 스크린 잔류분은 적재선으로 이동하게 되고 준설토는

다단탈수기를 통과하여 50 μ m 스크린 잔류시료를 구분하여 내고, 또 다른 다단탈수기를 통하여 30 μ m 스크린 잔류시료를 구분하여 낸다. 마지막으로 가장 미세 다단탈수기를 통하여 10 μ m 스크린 잔류시료를 구분하여 낸다. 준설토는 4가지의 시료로 분류된다.

즉 75 μ m 스크린 잔류분, 50 μ m 스크린 잔류분, 30 μ m 스크린 잔류분 그리고 10 μ m 스크린 잔류분이다.

4. 준설토의 물리적 특성

4.1 지반공학시험의 종류

해양오염정화선에서 준설토 시료들의 함수비측정시험(KS F 2306)을 측정하여 자연 상태에서의 함수비를 측정하였다. 해양준설토를 공학적으로 분류하기 위하여 흙의 싹기 시험(KS F 2309), 흙의 입도 분포시험(KS F 2302)을 실시하였다. 그리고 흙의 다짐 특성을 알기 위하여 흙의 밀도 시험(KS F 2308)과 다짐시험(KS F 2312)을 실시하였으며, 성토 재료로서의 사용성을 분석하기 위하여 노상토 지지력시험을 실시하였다. 또한 준설토의 각 구성재료에 대한 유기물 함유량시험도 실시하였다.

4.2 시료의 종류

해양오염정화선에서 구분되어 생산되는 4가지 준설토(75 μ m 스크린 잔류분, 50 μ m 스크린 잔류분, 30 μ m 스크린 잔류분, 10 μ m 스크린 잔류분)에 대하여 편의상 각각 시료 1, 시료 2, 시료 3, 시료 4로 명명하였다.



(a) Multi-drum screen



(b) Magnetic separator

Fig. 1. Marine pollution purification ship

4.3 유기물 함유량 시험 결과 분석

해양오염정화선에서 준설했던 시료에는 유기물이 함유될 가능성이 있기 때문에 각 시료에 대하여 유기물의 함유량을 확인할 필요가 있었다. 그래서 각 시료들을 건조시켜 불에 태워 시료를 태우기 전과 후의 무게를 비교하여 유기물함량을 측정하였다. 측정결과 시료 2의 준설했던 시료에서는 약 30%의 유기물이 포함되어 있었다는 것을 알 수 있었다. 유기물 함량이 많은 시료 2의 준설했던 시료에 대한 물리적 특성시험은 실시하지 않았다.

4.4 함수비 시험 결과 분석

해양오염정화선에서 분류된 해양준설했던 시료의 자연 함수비를 알기 위하여 각 시료의 함수비를 측정하였다. 시료 1의 준설했던 시료의 함수비는 21%로 나타났으며 시료 3, 4의 함수비는 65%, 60%로 나타났다. 여기서 시료의 함수비를 Fig. 2에 나타내었다.

4.5 액·소성 시험 결과 분석

준설했던 모래 및 준설했던 실트를 이용한 액·소성 시험을 실시하였다. 액성한계시험에서 준설했던 모래 및 준설했던 실트는 함수비의 변화에 따라 벽면의 흘러내리는 타격횟수가 달라져야 하나 최고의 타격횟수가 3회를 넘기지 못하고 소성한계시험에서는 갈라지지 않고 흐트러졌으므로 준설했던 시료는 비소성의 흙으로 판단되었다.

4.6 흙의 씻기 시험 결과 분석

준설했던 시료의 흙의 씻기 시험을 통하여 시료의 입경을 확인하고 해양오염정화선에서 분류된 기준이 만족하는지 확인하였

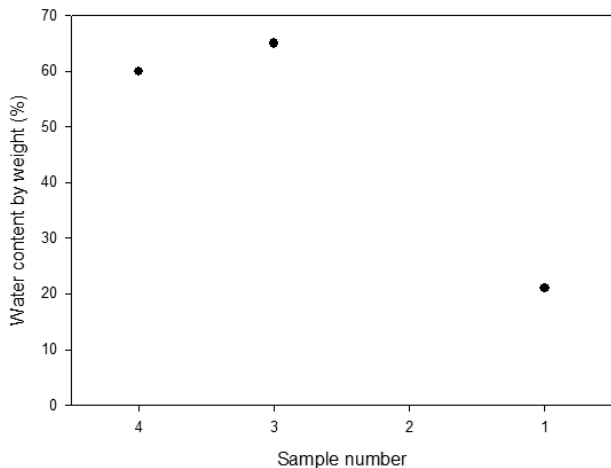


Fig. 2. Water contents of each dredged soil

다. 시료 1의 준설했던 시료에서는 200번체 통과량이 12%로 나타났으며 시료 3의 입자에서는 200번체 통과량이 76%이며, 10 μ m 이상의 입자에서는 200번체 통과량이 94%로 나타났다.

4.7 흙의 입도 시험 결과 분석

200번체를 통과한 준설했던 시료의 입경을 알기 위한 시험이며 각 준설했던 시료에 대한 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

4.8 흙의 밀도 시험 결과 분석

흙의 밀도 시험의 결과 시료 1의 밀도는 2.716이었으며, 시료 3 및 시료 4의 밀도는 각각 2.629, 2.517로 나타났으며 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

4.9 흙의 다짐 시험 결과 분석

흙의 다짐 시험 방법 5가지 종류 중 A 방법을 이용하여

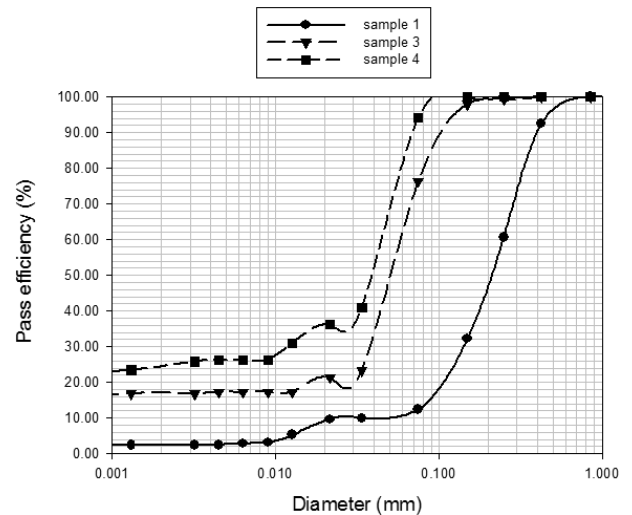


Fig. 3. Particle size distributions of each dredged soil

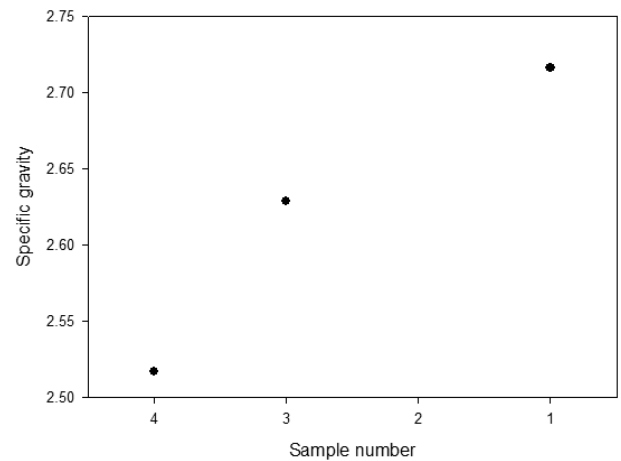
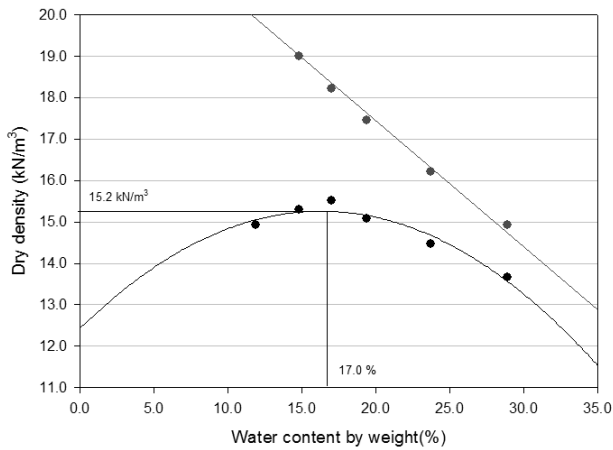
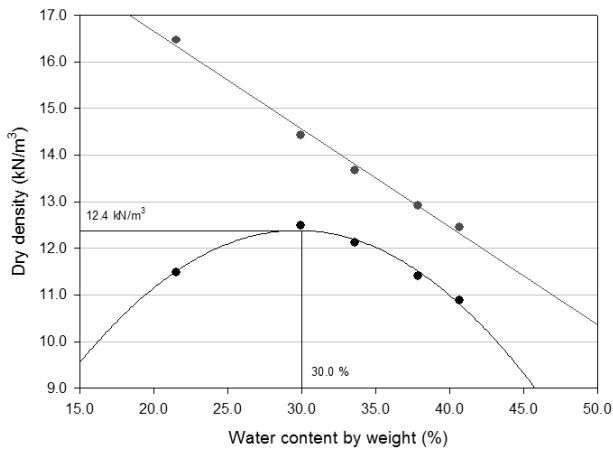


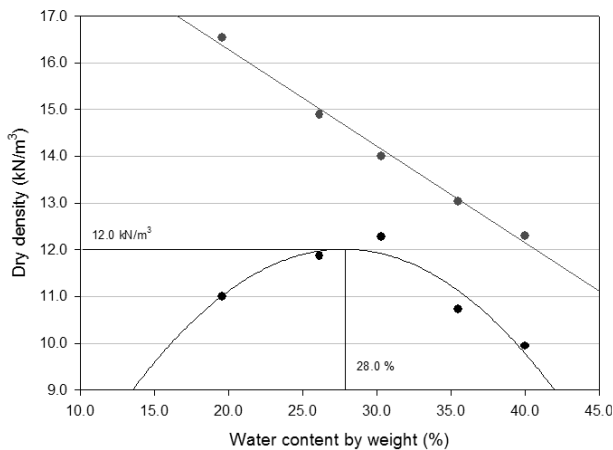
Fig. 4. Specific gravity of each dredged soil



(a) Sample 1



(b) Sample 3



(c) Sample 4

Fig. 5. Compaction curves according to each dredged soil

다짐 시험을 진행하였으며, 해양준설토를 이용한 시료 1의 최적함수비는 17%이며 이때 최대 건조밀도는 15.3kN/m^3 임을 알 수 있었다(Fig. 5(a)). 시료 3의 최적함수비는 30%이며 이때 최대 건조밀도는 12.4kN/m^3 임을 알 수 있었다(Fig. 5(b)). 또한 시료 4의 최적함수비는 17%이며 이때 최대 건조밀도는 12.0kN/m^3 임을 알 수 있었다(Fig. 5(c)).

4.10 노상토 지지력시험 결과 분석

흙의 노상토 지지력 시험에서는 다짐 D 방법을 이용하여 최적 함수비에 따른 최대건조밀도를 찾고 최적함수비에서 다짐 후 12시간을 수침시켜 시료의 팽창을 확인하고 관입 시험을 실시하였다. 시료 1의 준설토래와 $75\mu\text{m}$ 스크린 통과 준설테립토를 건조중량비 8:2로 혼합한 시료(혼합시료 A)와 준설테립토만으로 구성되어있는 시료(혼합시료 B)를 이용하여 시험을 진행하였다. 혼합시료 A의 경우 최적함수비와 최대건조밀도는 17.5%, 16.0kN/m^3 로 나타났으며, 팽창 시험 후의 관입시험을 통한 수정 CBR 값은 21로 나타났다(Fig. 6(a)). 혼합시료 B의 최적함수비와 최대건조밀도는 20.0%, 14.6kN/m^3 로 나타났으며 수정 CBR 값은 15로 나타났다(Fig. 6(b)).

5. 준설테립토의 활용 방안 분석

5.1 일반 매립재로서의 활용 방안 분석

해안공간에 많은 매립지가 생성되고 있다. 해안 공간의 개발에 많은 양의 토사가 사용된다. 하지만 많은 양의 토사의 공급이 어려운 것이 현실이다.

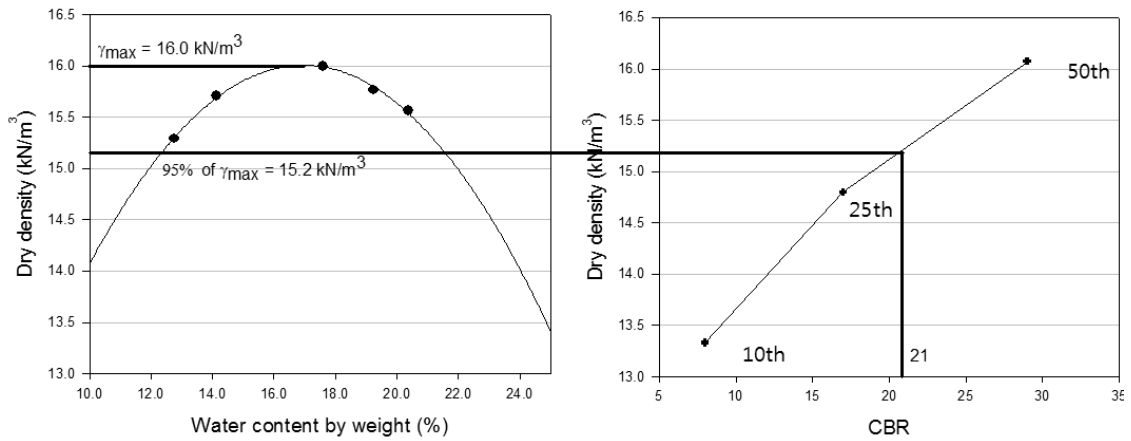
매립재로는 일반적으로 사업지구 부근의 토취장 토사와 준설투역의 점성토 또는 사질토를 사용하는 경우가 대부분이다. 준설테립토는 실트 및 점토 크기 입자이지만 비소성 재료이어서 매립재로 사용이 가능하였다. 준설테립토를 매립재로 사용 시 운반비용 및 준설테립토의 투기비용이 절감되며, 항로준설토를 이용하므로 사토장이 불필요하며 많은 양이 준설테립토로 확보가 용이하다는 장점이 있다(한국지반공학회, 2005).

5.2 도로 성토재로서의 활용 방안 분석

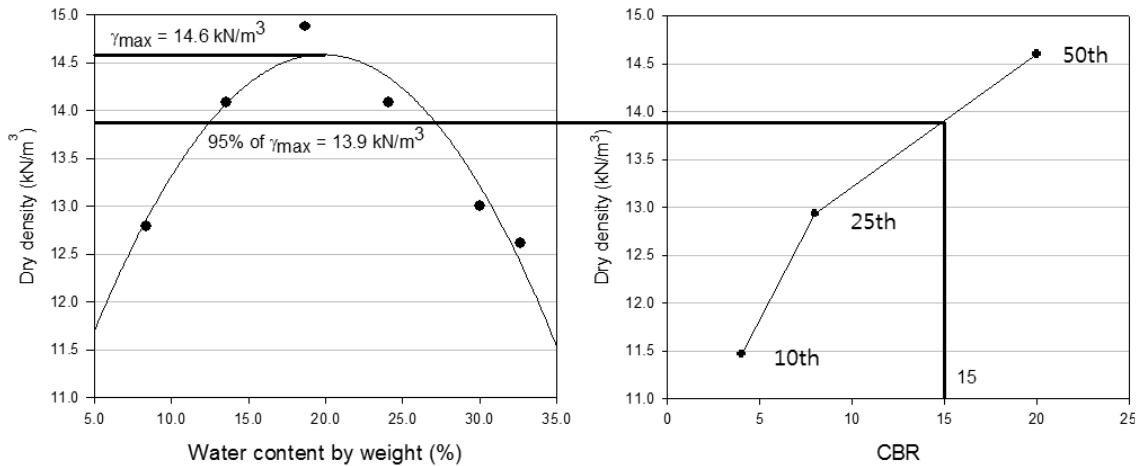
부산 영도 남항에서 준설테립토의 물성시험 결과를 Table 5에 나타내었다. 그리고 준설토래와 준설테립토를 건조중량비 8:2로 혼합한 시료의 시험결과를 Table 6에 나타내었다.

시료 1(준설토래)의 경우 도로 성토재로서 사용 가능한 것으로 나타났다.

시료 1(준설토래)과 준설테립토를 건조중량비 8:2로 혼합한 혼합시료 A의 경우 최대건조밀도는 16.0kN/m^3 , 수정 CBR은 21로 나타났으므로 도로의 성토재로서 사용할 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 시료 A의 최대입경이 85mm, 4번체 통과율이 100%, 200번체 통과율이 22%이며 비소성의 시료, 그리고 이물질 함유율이 1% 미만이므로 한국도로



(a) Composite sample A



(b) Composite sample B

Fig. 6. Modified CBR of composite samples

Table 5. Summary of test results of dredged soils

Materials	Sample 4	Sample 3	Sample 1
Physical properties			
Passing of No. 200 sieve (%)	94	76	12
Moisture content (%)	61	65	21
Optimum moisture content (%)	28	30	17
Maximum dry unit weight (kN/m ³)	11.96	12.05	14.99
Specific gravity	2.517	2.629	2.716
Liquid-plastic limit	Non plastic	Non plastic	Non plastic

Table 6. Summary of test results of composite samples

Physical properties	Optimum moisture content, optimum water content (%)	Maximum dry density (kN/m ³)	95% of maximum dry density (kN/m ³)	Modified CBR
Sample name				
Composite Sample A (Dredged sand : Dredged fine-grained soils = 8 : 2)	17.5	16.0	15.2	21
Composite Sample B (Dredged fine-grained soils)	20.0	14.6	13.9	15

공사와 LH공사 등에서 제시하는 도로의 성토재 기준을 모두 만족하고 있는 것으로 나타났다.

5.3 호안 블록으로의 활용 방안 분석

5.3.1 고화재료의 제작 및 시험방법

준설세립토와 콘크리트용 고로슬래그 미분말(KS F 2563

에 따라 제조됨)을 이용하여 고화재료를 제작하였다. 준설 세립토 고형분과 고로수재 슬래그의 중량 배합비는 1:9로 설정하였다. NaOH 비즈(Beads)(Showwa Chemical Co., Ltd.)를 사용하여 NaOH 용액을 제조하였다. 알칼리 활성화제의 농도는 슬래그 중량당 Na_2O 의 비율로 2, 4, 6, 8%로 조정하였으며, 물/바인더 비는 0.3으로 하였다. 이 중 물은 준설세립토에 함유되어 있는 수분과 알칼리 활성화제의 합이며, 바인더는 고로수재 슬래그와 무수활성제의 합이다. 준설세립토는 어떤 처리도 하지 않은 상태에서 사용하였기 때문에 건조나 소성 시 별도의 에너지가 사용되지 않으며, 따라서 공법이 단순해지고 추가적인 물의 사용을 줄일 수 있는 장

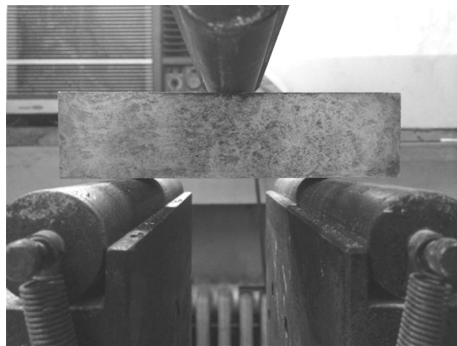
점이 있다.

시편은 시멘트의 강도 시험 방법(KS L ISO 679)에 따라 성형하여 제조하였으며, 비닐에 넣은 뒤 초기 60°C에서 24시간 고온 양생 후 상온에서 양생 과정을 거쳤으며 임의 양생기간을 거친 시편에 대하여 휨강도 시험(ASTM C 248) 및 압축강도 시험(ASTM C 349)을 하였다(Fig. 7 참조).

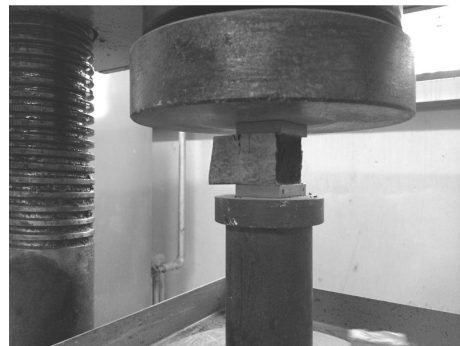
5.3.2 고화 시편에 대한 시험 결과 분석

준설세립토의 알칼리 활성화 반응 된 시편에 대한 휨강도 및 압축강도 측정 결과를 Table 7에 나타내었다.

휨강도는 대체적으로 Na_2O 함유량 6, 8%에서 높은 값을

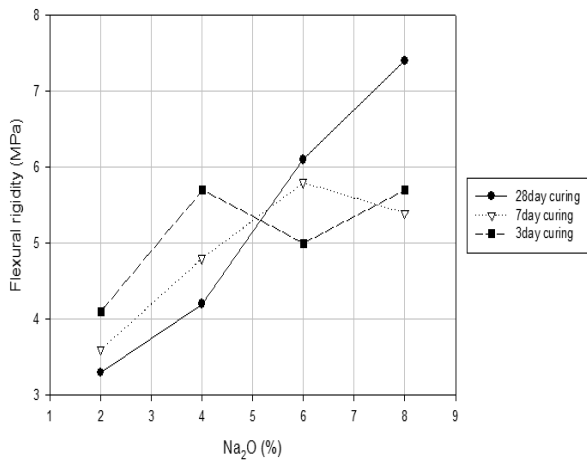


(a) Flexural strength test

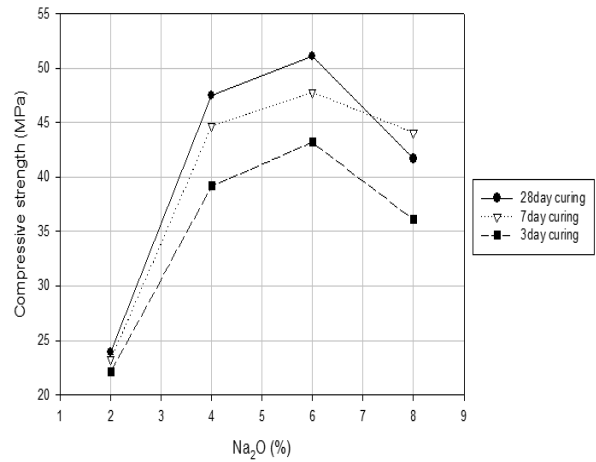


(b) Compressive strength test

Fig. 7. A photo of flexural strength test and compressive strength test



(a) Flexural strength



(b) Compressive strength

Fig. 8. Test results of flexural strength test and compressive strength test

Table 7. Results of flexural strength test and compressive strength test

Content of Na_2O (%)	Test Curing Periods	Flexural strength (MPa)			Compressive strength (MPa)		
		3 days	7 days	28 days	3 days	7 days	28 days
2		4.1	3.6	3.3	22.1	23.3	23.9
4		5.7	4.8	4.2	39.2	44.7	47.5
6		5.0	5.8	6.1	43.2	47.8	51.1
8		5.7	5.4	7.4	36.1	44.1	41.7

보였으며 Na_2O 함유량이 8%에서 28일 양생 시 7.4MPa로 가장 높았다(Fig. 8(a)). 일축압축강도는 대체적으로 Na_2O 함유량이 4, 6%에서 높은 값을 나타내었으며 Na_2O 함유량이 6%에서 28일 양생 시 51.1MPa로 가장 큰 압축강도 값을 나타내었다(Fig. 8(b)). 대체적으로 알칼리 활성화제의 농도가 높아질수록 경화 진행속도가 빨라져 작업성은 낮아지는 경향을 보였다. 종합적으로 판단할 때 Na_2O 함유량이 6%인 시편이 가장 높은 강도를 나타내었으며, 사용처에 따라 Na_2O 의 양을 적절히 조절하면 사용 목적에 부합되는 경화체를 생산할 수 있을 것으로 판단되었다.

항만 및 어항 설계기준 시방서(해양수산부, 2014)에서 무근콘크리트의 강도기준은 30MPa 이상으로 규정하고 철근콘크리트의 경우 35MPa 이상으로 규정하였다. 또한 KS F 4004 콘크리트 벽돌의 압축강도는 8~13MPa 이상이고 호안용 블록의 압축강도는 18~21MPa 이상으로 규정하였다.

Na_2O 함유량이 6%에서 28일 양생 시 51.1MPa로 가장 큰 압축강도를 나타내었다. Na_2O 함유량이 2%에서 3일 양생된 일축압축강도가 22.1MPa로 나타났으므로 콘크리트 벽돌과 호안용 블록의 기준강도 값보다 높은 것으로 나타났다. 따라서 Na_2O 가 2% 이상만 함유된다면 콘크리트 벽돌 또는 호안용 블록으로 사용이 가능할 것으로 판단되었다.

6. 결론 및 제언

이 연구에서는 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 준설탁토는 현재 재사용 되지 않는 미세한 입자로서 75 μm 스크린 통과 입자가 약 80%를 차지한다. 입자의 크기로서 분류하면 실트 및 점토 크기로 구분되었으나 지반공학적 실험들을 통하여 분석한 결과 비소성으로 나타났으므로 해안매립지의 매립재료로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 일반 건설현장의 매립토사로도 사용할 수 있는 것으로 판단되었다.
- (2) 준설탁토와 준설탁토를 건조중량비 8:2로 혼합한 혼합시료(자연상태의 함수비를 가지는 경우 6:2의 혼합시료와 같음)의 경우 한국도로공사 및 LH공사 등에서 제시하고 있는 성토재 품질기준(즉 최대입경, 4번체 통과율, 200번체 통과율, 소성지수, 다짐시료의 최대건조밀도 및 수정 CBR 등)을 만족하였으므로 적재선에서의 준설탁토와 준설탁토를 6:2로 혼합할 경우 성토재로 사용할 수 있을 것으로 판단되었다.

- (3) 가장 세립인 준설탁토인 시료 4와 고로수재 슬래그를 중량비 1:9로 혼합하여 알칼리 활성화 반응을 통하여 제작된 고화 시편의 압축강도는 Na_2O 함유량 6%에서 28일 양생 시 51.1MPa로 나타났으며 이 값은 항만 및 어항 설계기준의 무근콘크리트 강도기준인 30MPa를 상회하였으며 KS 기준의 콘크리트 벽돌 강도기준인 8~13MPa 및 호안용 블록의 강도기준인 18~21MPa를 상회하였다. 현재 진행한 시험을 통하여 고로수재 슬래그와 준설탁토의 고화 시편은 콘크리트 벽돌 및 호안블록 등으로 사용이 가능할 것으로 판단된다. 많은 준설탁토를 사용하기 위하여 고로수재 슬래그와 준설탁토의 비율 및 Na_2O 함유량을 변화시킨 시험이 추가적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 경성대학교 공학기술연구소의 지원에 수행되었으며, 이에 깊은 감사드립니다.

References

1. 대한토목학회 (2005), 토목공사 표준일반시방서, pp. 143~149.
2. 서울특별시 (2009), 서울특별시 전문시방서, pp. 4-31~4-39.
3. 이성재, 배법한, 박규홍, 강상원 (2002), 준설탁토물 분류 및 오염물질의 물리화학적 전처리, 한국지하수토양환경학회 춘계 학술발표회, pp. 54-57.
4. 한국수자원공사 (2008), 댐 및 상수도공사 전문시방서, pp. C03200-21~C03200-28.
5. 한국지반공학회 (2005), 준설탁토, 구미서관, pp. 200~215.
6. 해양수산부 (2002), 해양환경공정시험방법, pp. 153~255.
7. 해양수산부 (2014), 항만 및 어항 설계기준 시방서, pp. 415.
8. 해양수산부 (2013), 정보바다/국가승인통계/항만시설 및 능력현황, http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=116&tblId=DT_MLTM_1342&vw_cd=&list_id=&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=I2.
9. Korea Expressway Corporation (2009), Expressway corporation special specification, pp. 3-23~3-28.
10. Korea Land & Housing Corporation (2012), LH guide specifications, pp. 22010-1~22010-14.
11. Park, J. B., Lee, G. H., Woo, H. S. and Lee, J. W. (2011), Problems of disposal of dredged material and increasement if recycling, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 59, No. 2, pp. 65~74 (in Korean).
12. Park, K. S., Chun, H. D., Yoon, I. T. and Park, K. Y. (2000), Application of steel slag for suppressing contaminant liberation from the sea sediment, Journal of the Korean Society for Marine Environment, Vol. 16, No. 2, pp. 200~204 (in Korean).