

저회의 성토재료 활용성에 대한 실험적 연구

An Experimental Study on Bottom Ash for Utilization of Subbase Materials

(Received October 20, 2010 / Revised December 20, 2010 / Accepted December 20, 2010)

정상화^{1)*} 최명진²⁾ 이봉춘¹⁾ 최영준¹⁾

¹⁾한국건설생활환경시험연구원, 선행기술팀, 서울, 137-707, 대한민국

²⁾(주)네스지오, 대전, 305-301, 대한민국

Sang-Hwa Jung¹⁾, Myong-Jin Choe²⁾, Bong-Chun Lee¹⁾, Young-Jun Choi¹⁾

¹⁾Korea Conformity Laboratories, Seoul, Advanced Technology Team. Seoul, 137-707, Korea

²⁾Nesgeo, Taejeon, 305-301, Korea

Abstract

Recently, many researches on bottom ash which is produced in the burning process of power plant are actively performed for its utilization for soil-subbase materials. In this paper, bottom ashes from 5 different power plants are prepared and several tests including compaction, CBR, and tri-axial compression are carried out for mixed bottom ash and weathered soil considering 3 replacement ratio of 30%, 50%, and 70%. Through the tests, CBR result over 20 are evaluated without plastic property, which shows availability of subbase material. With higher increase in replacement ratio of bottom ash, CBR of mixed soil increases due to the higher mechanical performance of bottom ash. However, replacement effects of bottom ash on friction angle and cohesion are evaluated to be little since bottom ash plays a little role in rearrangement of mixed soil. Bottom ash with a good mechanical property is evaluated to have reasonable bearing capacity which shows a good property for subbase materials.

키워드 : 저회, 성토재료, CBR, 삼축압축시험, 점착력

Keywords : Bottom ash, Subbase material, CBR (California Bearing Ratio), Tri-axial compression test, Cohesion

1. 서 론

최근 산업 발달과 함께 급속히 증가하는 전력 수요에 따라 화력발전소에서 발생하는 산업 부산물인 석탄회 처리 문제가 심각하게 대두되어 왔다 (Yamanouchi, 1966). 연간 많은 양의 석탄회가 발생되고 있지만, 그 사용은 미비한 실정에 있다 (천병식, 1993). 석탄회는 발생장소에 따라 비회 (fly ash: FA)와 저회 (bottom ash: BA)로 구분되고 이중 저회는 석탄회 발생량의 15~20% 정도를 차지하고 있으나, 매립지나 처리시설의 확보가 어려워 큰 문제가 되고 있는 실정이다. 비회의 경우, 밀도가 작아 장기적으로 수평토압을 감소시킬 수 있다는 점을 응용하여 압축성이

큰 지반에 뒷채움 재료로서의 활용에 관한 연구 또는 안정제 혼합에 따른 장기 강도증가에 관한 연구 등 다양한 적용성에 대한 연구가 진행되고 있다 (Mosaid et al., 1981; 박홍규 등, 1999). 또한 레미콘 혼화재, 시멘트 원료, 벽돌이나 기와 제조 등에 적극적으로 사용하고 있는 실정이며, 최근 성토재나 도로 기층재 등에 관심이 고조되면서 이에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있다 (CEB, 1989; 송하원 등, 2005; Garboczi 등, 1992).

일반적으로 지반재료로 석탄회를 활용하는 방안에 대해서는 도로의 보조기층에 일반토사를 대체하거나, 매립공사의 성토재로 활용하는 방안이 있으나, 이를 위하여서는 공사시방서, 품질관리 등의 제반규정의 수립 뿐 아니라, 역학적 물리적 성능이 규명되어야 한다. 매립 석탄회는 일반 토사와는 다르게, 밀도가 작은 장점이 있으나, 점착성 흙

* Corresponding author
E-mail: jsh2593@kcl.re.kr

과 같이 압축률이 높고 모세관수 상승 및 흡수율이 높아서 다짐 특성이 좋지 않은 약점을 가지고 있다 ((주)에너지오, 2005; 천병식 및 고용일, 1992)

본 연구에서는 국내 5개의 화력 발전소에서 부산되는 석탄회중 저회를 사용하여 성토재와 매립재로서 적용성을 평가하도록 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 특히 저회와 혼합토의 다짐특성, CBR 시험, 삼축압축시험 (CU) 등을 수행하였다.

2. 성토재료로서의 석탄회 특성

2.1 화학적 특성

석탄회의 주성분은 실리카 (SiO_2 : 43~65%), 알루미늄 (Al_2O_3 : 16~26%), 산화제이철 (Fe_2O_3 : 4~12%), 산화칼슘 (CaO : 0.6~18%) 등으로 구성되어 있으며, 비결정질 ($3\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$) 형태로 존재하게 된다. 일반적으로 광물의 조성이 비결정질인 경우는 물과 반응하여 경화하는 성질, 즉 잠재수경성을 가지게 된다 (천병식, 1992; 한국전력공사 기술연구원, 1992). 비회에 있어서는 실리카 성분이 시멘트의 소석회와 반응하여 불용성 화합물을 생성하여 경화하는 포졸란 반응이외에 유리석회와 수분과 반응을 통하여, 일부 자경성을 가지고 있다.

2.2 공학적 특성

토질의 통일 분류법 (Das, 2009)에 따르면, 비회는 대부분 ML에 속하지만 저회의 경우 대부분 SW, SP 또는 SP-SM 등 모래에 가까운 특성을 지니고 있다 (천병식, 1992). 또한 AASHTO 분류법 (AASHTO M145)에 따르면 비회는 A-4군에 해당하고 저회는 A-1-b군에 해당하여, 도로포장의 기초로 사용하기에는 저회가 오히려 양호하다고 알려져 있다. 이러한 석탄회의 밀도는 $1.99\sim 2.56 \text{ g/cm}^3$ 정도로 보통의 흙보다 낮은 값을 가지고 있으며, 최적함수비로 다져진 석탄회의 경우, $1.040\sim 1.700 \text{ g/cm}^3$ 로서 보통의 흙에 비해 낮게 평가된다. 이러한 다짐 특성은 연약층일 경우 원지반의 압축성과 관련하여, 우수한 공학적 특성으로 볼 수 있다 (천병식, 1993). 실내 CBR값은 저회의 경우 15에서 100이상으로 도로공사 표준시방기준 (국토해양부, 2009)에 의하면 적절한 성능을 가지고 있다고 알려져 있으나, 비회의 경우 너무 작은 CBR값을 가지므로 단독으로는 도로에 사용하기에 많은 제한을 가지고 있다 (천병식 및 고용일, 1992).

3. 사용 재료 및 실험 개요

3.1 실험 개요

본 연구에서는 풍화토 및 5개의 화력발전소 (동해, 보령, 삼천포, 서천, 태안)에서 수집된 저회에 대하여, 밀도 시험, 다짐시험 및 삼축압축시험이 수행되었다. 한편 저회의 혼합비를 3가지 (30%, 50%, 70%)로 변화시키면서, CBR 및 내부마찰각의 변화를 분석하였다. Table 1에서는 저회의 화학적 특성을 나타내고 있다.

Table 1 Chemical composition of bottom ash (%)

Area	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	LOI
DH	50.28	24.12	3.41	0.82	3.02	1.92	1.04	12.8
BR	45.52	27.51	5.71	0.94	2.98	0.92	1.44	9.8
SCP	50.29	24.09	3.11	0.84	3.05	1.27	1.35	13.2
S.C	49.00	25.13	5.74	0.92	2.60	0.78	1.55	15.3
T.A	50.57	22.46	3.29	0.85	3.16	1.16	1.39	12.9

3.2 혼합토의 특성

(1) 각 시료의 물리적 특성

본 연구에 사용된 시료는 화강 풍화토와 국내 화력발전소 5개소 채취한 저회로서, 각각의 물리적 특성이 평가되었다. 풍화토의 밀도는 2.67 g/cm^3 로 평가되었으며, 입도시험 결과에서, 시험전의 #200체 통과량은 21.9%로 통일분류법 (USCS)을 따르면, 실트질 모래 (SM)로 분류된다. 또한 저회의 밀도값은 $2.64\sim 2.66 \text{ g/cm}^3$ 의 범위를 나타내었다. 저회의 #200체 통과량은 0.2~1.1%의 범위를 보여 통일분류 결과 SP와 SW에 속한 것으로 평가되었다.

풍화토와 저회를 혼합한 혼합토의 밀도는 $2.64\sim 2.67 \text{ g/cm}^3$ 로 기존의 결과와 비슷한 수준을 나타내었으며, #200체 통과량의 경우 0.1~0.3%로 거의 변화가 없었다. 혼합토의 경우, 통일분류법 시험결과 모두 SP로 분류되었으며, 액·소성한계 시험결과는 모두 비소성 (NP)으로 평가되었다.

각 시료에 대한 결과값을 Table 2에 나타내었으며, 입도분포곡선 결과를 Fig.1에 나타내었다.

Table 2 Physical properties

Sample	density (g/cm ³)	PL -LL	grading curve				USCS
			No.4	No.10	No.40	No.200	
Weathered soil	2.67	NP	0.40	24.93	1.92	1.04	SM
D.H. (동해)	2.65	NP	96.5	67.4	42.6	21.9	SW
B.R. (보령)	2.64	NP	96.2	76.6	26.4	0.7	SP
S.C.P. (삼천포)	2.65	NP	90.0	71.5	29.1	1.1	SW
S.C. (서천)	2.65	NP	83.9	63.5	23.2	0.4	SP
T.A. (태안)	2.65	NP	90.6	60.0	10.6	0.2	SW
Mixed soil	2.64 ~ 2.67	NP	90.0	71.5	29.1	1.1	SP

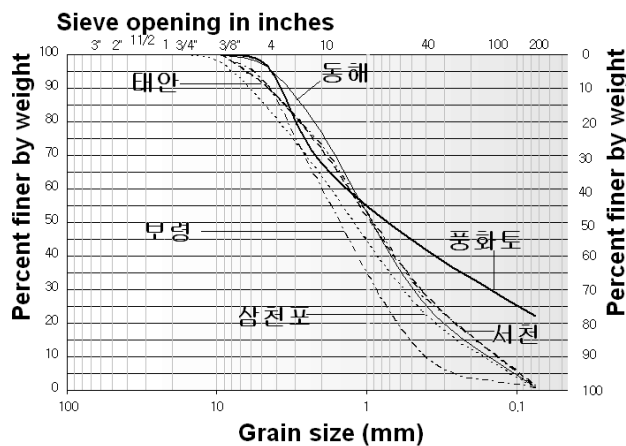


Fig.1 Grading curve for test soil samples

한편 저회가 해안가 매립지에 있는 경우, 염화물에 대한 노출이 우려될 수 있다. 기존의 연구(한국건설재 시험연구원, 2010)에서는 매립지의 경우, 각 지역별의 채취된 염화물 이온양은 20.47~124.35 ppm수준이며, 세척을 위한 침지에서 2일 경과후, 최대 0.025 %(질량비) 수준을 나타내고 있으므로, 골재사용에 무리가 없는 것으로 평가되었다.

(2) 각 시료의 다짐특성

풍화토의 다짐특성을 파악하기 위하여 다짐시험을 수행한 결과 최대 건조단위질량 (γ_{dmax})는 16.84 KN/m³, 최적함수비 (optimum moisture content: OMC)는 14.8 %로 나타났다. 동해, 보령, 삼천포, 서천, 태안 저회의 최대 건조단위질량은 각각 17.51, 17.55, 17.84, 17.72, 17.62 KN/m³로

거의 같은 수준을 유지하였으며, 최적함수비는 13.5~14.2 %의 범위로 일정한 수준을 유지하였다. Fig.2 및 Fig.3에서는 풍화토와 각 시료의 최대 건조단위질량 및 최적함수비를 나타내고 있다. 한편 각 그림에서 Fig.2는 A 다짐을, Fig.3에서는 D 다짐을 수행한 결과이다.

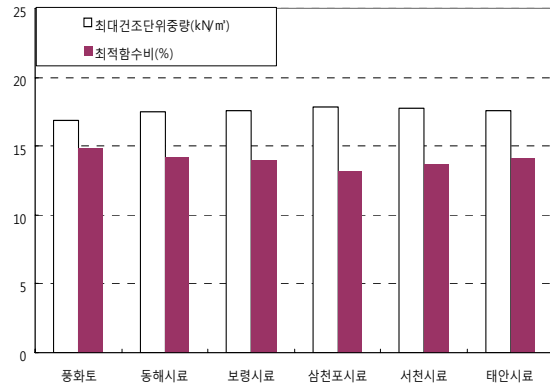


Fig.2 Maximum dried density and OMC (Type A)

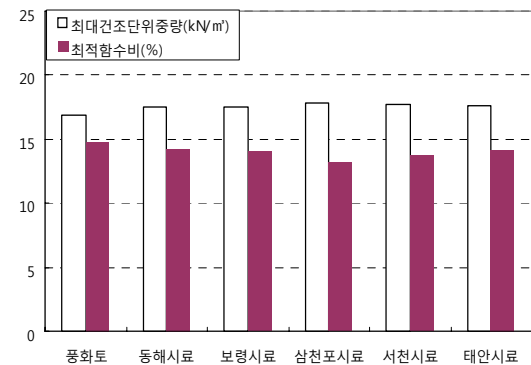
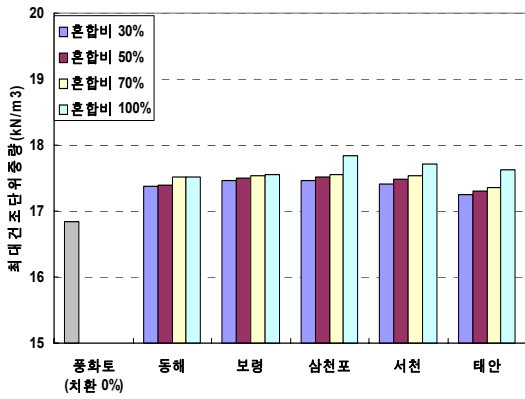


Fig.3 Maximum dried density and OMC (Type D)

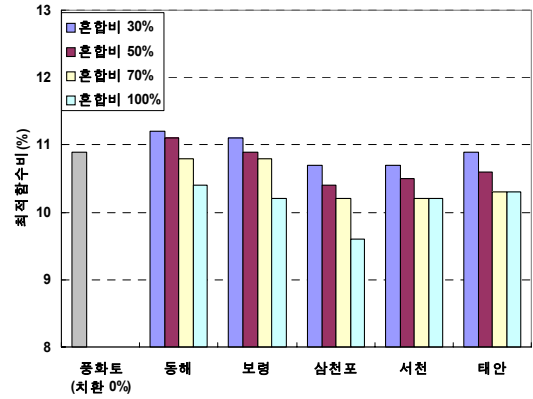
4. 실험결과와 평가

4.1 저회 혼합비에 따른 역학적 특성의 변화

본 절에서는 저회 혼합비를 30 %, 50 %, 그리고 70 %로 혼합하면서 변화하는 최대건조단위질량 및 최적함수비의 변화를 분석하였다. 각 저회시료 (동해, 보령, 삼천포, 서천, 태안 시료)와 풍화토를 혼합하였을 때에도 순수 저회시료와 큰 차이가 발생하지 않았다. Fig.4 및 Fig.5에서는 각각 A다짐과 D다짐을 통하여 도출한 최대 건조단위질량 및 최적함수의 변화를 도시하였다. 한편 저회 혼합비에 따른 다짐시험 결과는 Table 3에 요약하였다.

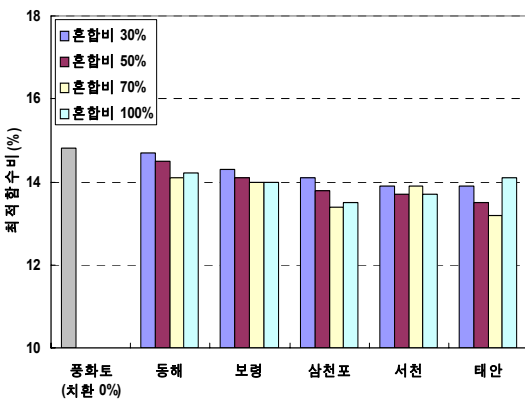


(a) Maximum dried density



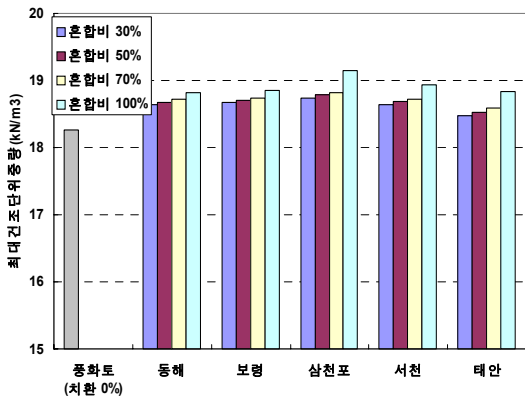
(b) OMC

Fig.5 Maximum dried density and OMC in mixed soil (Type D)



(b) OMC

Fig.4 Maximum dried density and OMC in mixed soil (Type A)



(a) Maximum dried density

Table 3 Test results of compaction in mixed soil

type and compaction	replacement ratio	Mixed soil (bottom ash : weathered soil)							
		No replacement		30 : 70		50 : 50		70 : 30	
		γ_{dmax}	OMC	γ_{dmax}	OMC	γ_{dmax}	OMC	γ_{dmax}	OMC
weathered soil (풍화토)	A	16.84	14.8	-	-	-	-	-	-
	D	18.27	10.9	-	-	-	-	-	-
D.H. (동해)	A	17.51	14.2	17.37	14.7	17.40	14.5	17.51	14.1
	D	18.82	10.4	18.64	11.2	18.67	11.1	18.72	10.8
B.R. (보령)	A	17.55	14.0	17.47	14.3	17.50	14.1	17.54	14.0
	D	18.85	18.3	18.68	11.1	18.70	10.9	18.73	10.8
S.C.P. (삼천포)	A	17.84	13.5	17.46	14.1	17.51	13.8	17.55	13.4
	D	19.15	19.1	18.74	10.7	18.79	10.4	18.82	10.2
S.C. (서천)	A	17.72	13.7	17.41	13.9	17.48	13.7	17.53	13.3
	D	18.94	10.2	18.64	10.7	18.69	10.5	18.72	10.2
T.A. (태안)	A	17.62	14.1	17.25	13.9	17.31	13.5	17.36	13.2
	D	18.83	10.3	18.47	10.9	18.52	10.6	18.59	10.3

4.2 혼합비에 따른 CBR 시험 평가

CBR값은 도로나 비행장과 같은 포장 설계에 이용된다 (Das, 2009; 천병식, 1992). 이것은 포장아래에 있는 기층, 보조기층 또는 노상재료의 강도, 압축성 및 팽창성과 같은 특성을 표시하는 반경험적 수치이므로 예상되는 차륜하중

과 관련시켜 각 재료의 두께를 결정하는 자료가 된다. 도로교 표준시방서 (2009)에는 기층이나 보조기층에 대한 CBR의 최소값을 규정하고 있으며, 재료에 따라 그 값을 얻을 수 있는 대략적인 범위가 정해져 있다. 본 절에서는 매립·성토재료로서의 타당성을 검토하기 위하여 CBR 시험을 풍화토 및 혼합토에 대하여 실시하였다. 한편 최근들어 수정 CBR방법이 성토재료 판별에 수행되고 있는데, 과거 KS F 2320에 규정되었으나, 현재는 응용방법으로 분류되고 있다. OMC의 함수비를 유지하고 다짐횟수를 5층 55회, 5층 25회, 5층 10회로 다짐한 공시체에 대하여, 관입시험을 수행하여, CBR값을 계산하는 것이다 (김학수, 2008). 일반적으로 노체는 2.5이상, 노상 (하부)는 5이상, 상부는 10 이상, 보조기층은 30이상을 권하고 있다. 도출된 CBR값은 Table 4 및 Fig.6에 나타내었다.

Table 4 Range of CBR test results (%)

Soil replace- ment ratio %	Soil weathered soil	Mixed soil (bottom ash : weathered soil)				
		D.H.	B.R.	S.C.P.	S.C.	T.A.
0%	15.8	-	-	-	-	-
30: 70	-	26.9	27.3	27.1	26.4	27.1
50: 50	-	27.3	27.4	27.5	26.9	27.4
70: 30	-	27.6	27.5	27.7	27.2	27.7
100%	-	28.1	28.3	29.1	28.8	28.5

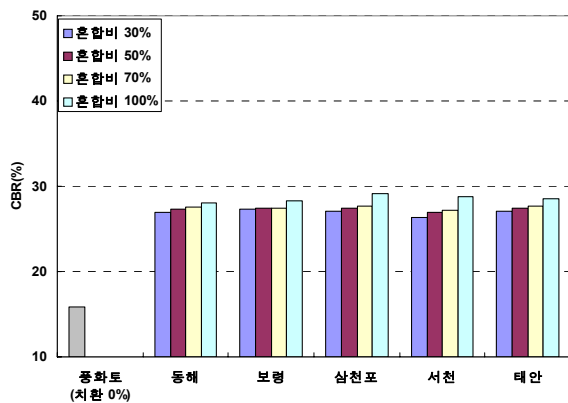


Fig.6 Test result of CBR in mixed soil

위의 표와 같이 순수 시료 (혼합비 100%) 보다 혼합토의 CBR값이 다소 낮게 측정되었지만, 시방서에서 제시하는 성토재 기준보다 큰 값을 보여 조건을 만족시키는 것으로 나타났다. 이것은 혼합에 사용된 풍화토의 물성이 저회보

다 떨어지기 때문인 것으로 판단되며, 이에 따라 저회의 혼합비가 증가할수록 CBR도 증가하는 경향을 보이고 있다.

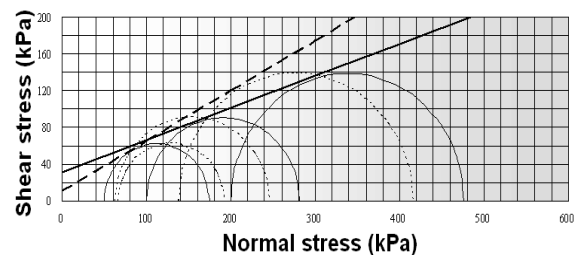
4.3 혼합비에 따른 내부 마찰각 평가

혼합토의 강도정수를 산정하기 위해서 본 연구에서는 혼합토에 대해서 압밀 비배수시험(CU)을 실시하였다. 일반적으로 CU시험은 강도증가를 평가, 단계별 성토공법 등에 많이 적용되므로 본 연구에서는 CU시험을 수행하였다. Table 5에서는 실시한 실험에 대해 강도정수점착력(c)과 내부마찰각 (ϕ)을 요약하여 나타내었다.

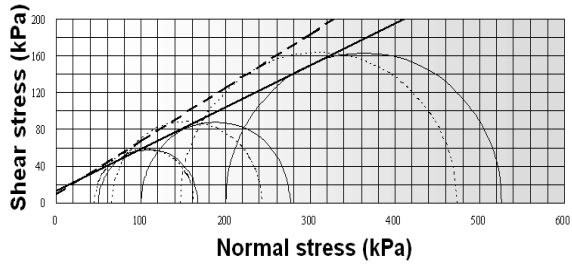
Table 5 Cohesion and angle of internal friction in mixed soil

replace- ment ratio	Mixed soil (bottom ash : weathered soil)					
	30:70		50:50		70:30	
	c (KPa)	ϕ ($^{\circ}$)	c (KPa)	ϕ ($^{\circ}$)	c (KPa)	ϕ ($^{\circ}$)
D.H. (동해)	9.4	30.1	18.4	28.5	4.8	29.8
B.R. (보령)	5.9	31.1	14.2	31.7	9.8	30.5
S.C.P. (삼천포)	10.5	27.5	5.2	29.8	5.0	30.6
S.C. (서천)	15.8	28.8	18.4	28.5	3.8	30.3
T.A. (태안)	15.0	26.0	9.7	30.8	6.6	31.5

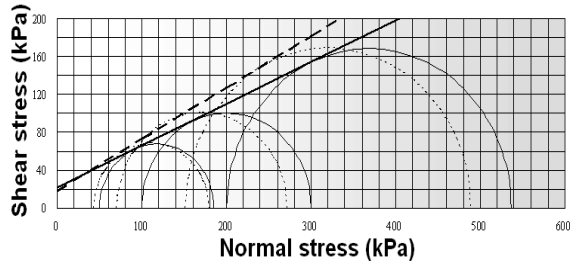
삼축압축 시험결과 Table 5에서 알 수 있듯이 5종류의 혼합토에서 혼합비가 증가할수록 대체적으로 내부마찰각은 증가하는 경향을 보이고 있으며, 점착력은 삼천포시료와 태안시료를 제외한 혼합토에서 혼합비 50%인 경우가 가장 큰 것으로 나타났다. 혼합비에 따른 시험 결과는 아래의 Fig.7~Fig.11에 나타내었다.



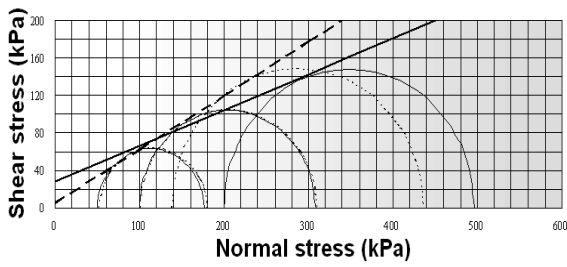
(a) Replacement ratio (0%)



(b) Replacement ratio (30%)

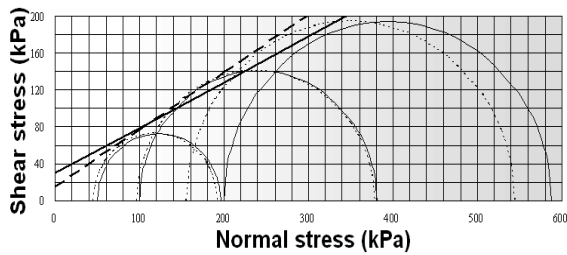


(c) Replacement ratio (50%)

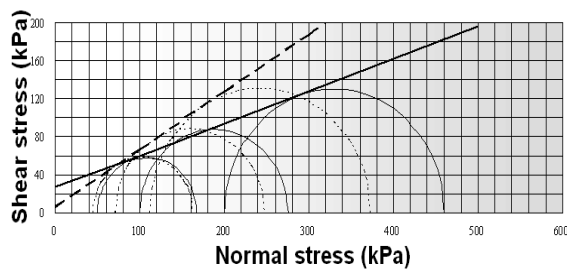


(d) Replacement ratio (70%)

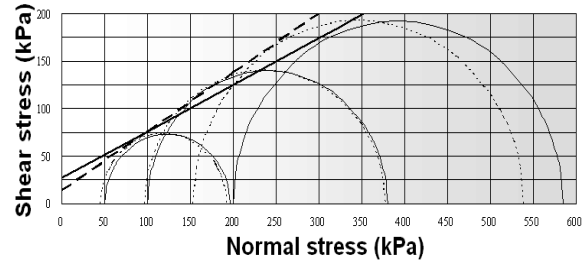
Fig.7 Mohr circle and stress field (D.H. soil)



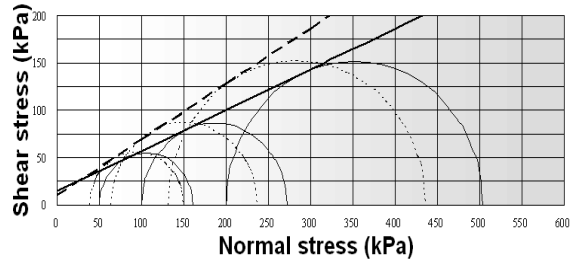
(a) Replacement ratio (0%)



(b) Replacement ratio (30%)

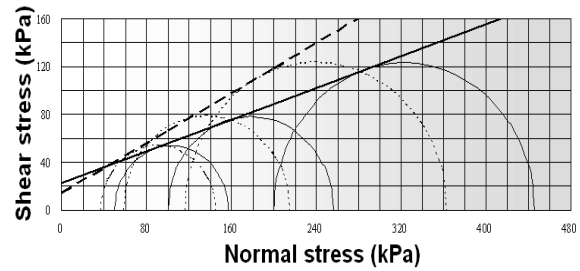


(c) Replacement ratio (50%)

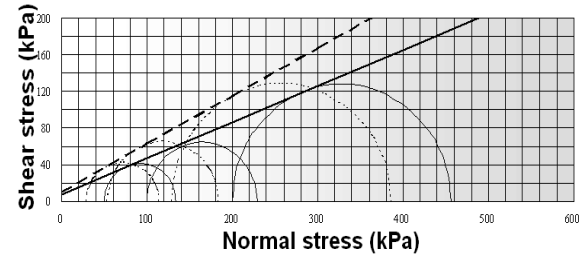


(d) Replacement ratio (70%)

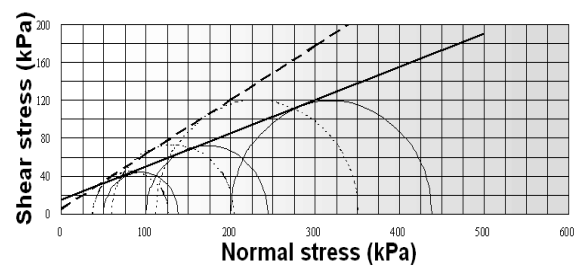
Fig.8 Mohr circle and stress field (B.R. soil)



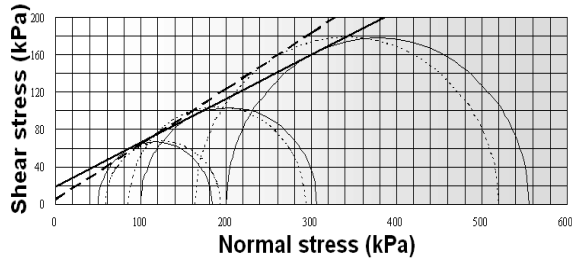
(a) Replacement ratio (0%)



(b) Replacement ratio (30%)

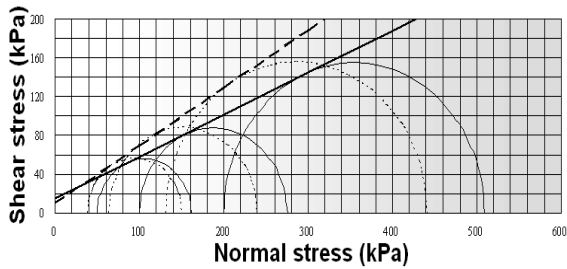


(c) Replacement ratio (50%)

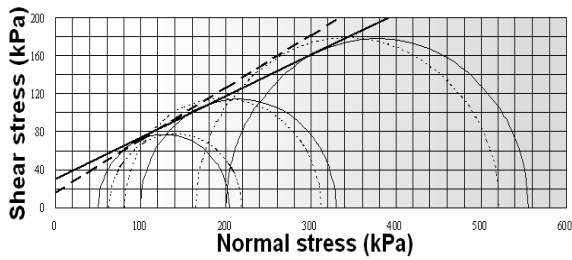


(d) Replacement ratio (70%)

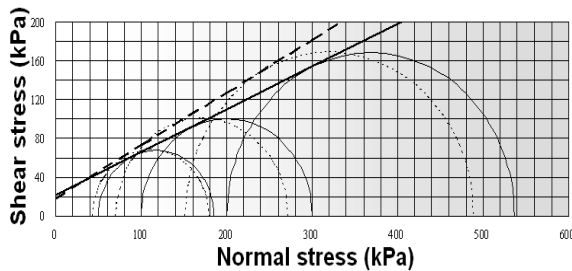
Fig.9 Mohr circle and stress field (S.C.P. soil)



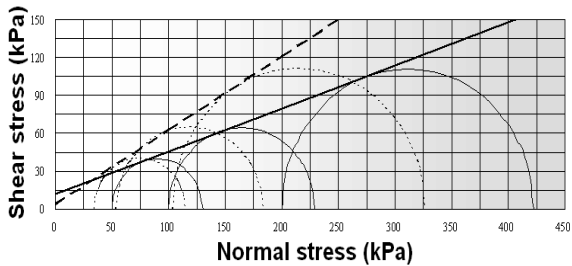
(a) Replacement ratio (0%)



(b) Replacement ratio (30%)

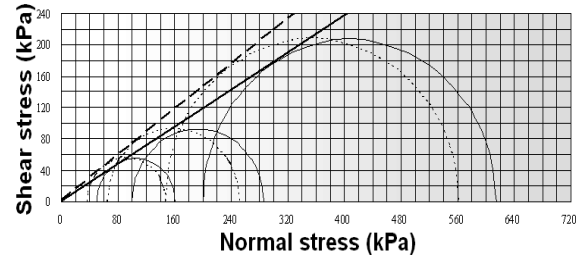


(c) Replacement ratio (50%)

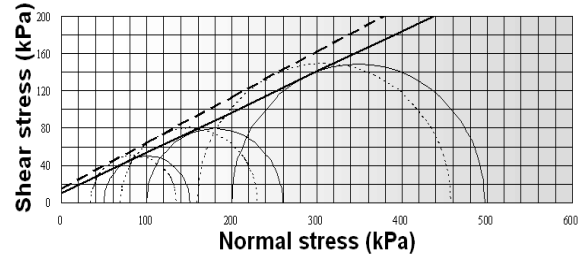


(d) Replacement ratio (70%)

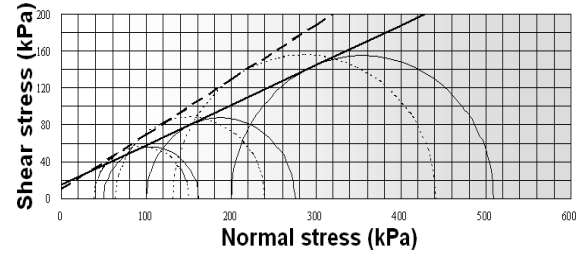
Fig.10 Mohr circle and stress field (S.C. soil)



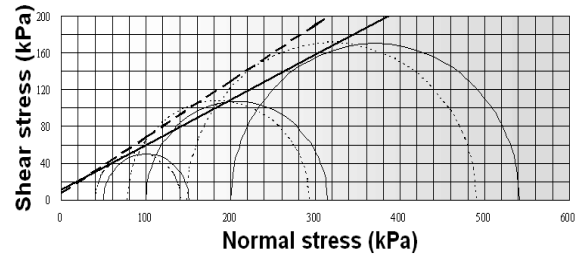
(a) Replacement ratio (0%)



(b) Replacement ratio (30%)



(c) Replacement ratio (50%)



(d) Replacement ratio (70%)

Fig.11 Mohr circle and stress field (T.A. soil)

5. 성토재료의 적용성 평가 및 분석

5.1 성토재료 기준 비교

저희의 혼합비에 따른 다짐시험과 지지력 시험을 수행한 결과, 도로성토 기준으로 볼 때 성토재료로서의 활용이 가능한 것으로 평가되었다. 저희는 현재 성토재료 기준

(국토해양부, 2009)을 만족하는 것으로 평가되었으며, 측정된 혼합토의 CBR은 26.4~29.1 수준으로서 도로공사기준인 20이상으로 측정이 되었고, 소성이 없는 것으로 평가되었다. 또한, 삼축 압축시험에서 내부마찰각(ϕ)이 27.5~31.4의 범위로서, 안정적으로 상부 구조체를 지지할 수 있을 것으로 평가되었다.

현재 국내에서 제시되고 있는 성토재료의 기준을 제시하면 Table 6과 같다.

Table 6 Specification for subbase material

Items	Type		Reference
	Inner road	Upper road	
Maximum size (mm)	below300	below100	-
Modified CBR	over 2.5	over 10	KS F 2320
5 mm sieve passing ratio (%)	-	25 ~ 100	
0.08 mm sieve passing ratio (%)	-	0 ~ 25	KS F 2301 KS F 2309
plastic index	-	-	KS F 2303

5.2 혼합비에 따른 CBR 분석

혼합비에 따른 CBR 시험 결과는 모두 26이상의 값이 측정되었으며, 저회의 혼합비가 증가할수록 CBR 결과도 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 저회 고유의 다짐시험 결과와 CBR 시험 결과 값이 사용된 혼화도에 비해 우수하므로, 혼합비가 증가할수록 강도가 증가하는 것으로 평가되었다. 매립 및 도로성토재료로서 액성 및 소성이 없고, 충분한 CBR 값을 나타내고 있으므로 사용하는데 충분한 지지력을 확보할 것으로 예상된다. Fig.12에서는 저회 혼합비에 따른 CBR값의 변화를 나타내고 있다.

5.3 혼합비에 따른 내부마찰각 분석

혼합비에 따른 내부마찰각은 혼합비의 변화에 관계없이 큰 차이를 보이지 않는 것으로 평가되었다. 전체적으로 화강 풍화토 시료보다는 큰 값을 보였으며, 최저 26.0° 에서 최대 31.7° 로 측정이 되었다. 저회의 혼합비가 증가할수록 마찰각의 변화는 뚜렷한 경향을 나타내고 있지는 않았다. 이는 재료자체의 강성이 있는 저회를 풍화토와 배합하

였지만, 배합 후 입자배열에 큰 영향을 주지 않기 때문에 내부마찰각의 변화가 크지 않은 것으로 보인다. 점착력의 경우에도 내부마찰각과 같이 비슷한 분포를 나타내고 있었다. Fig.13 에서는 혼합비에 따른 내부마찰각 및 점착력의 변화를 나타내었다.

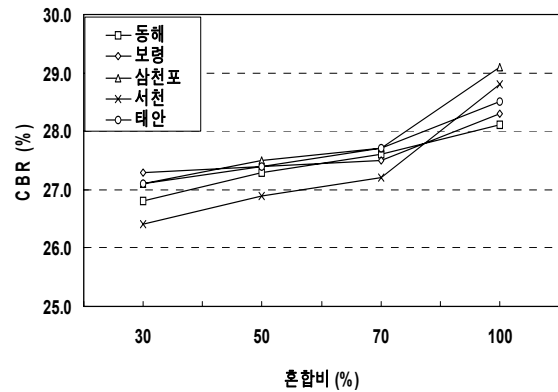
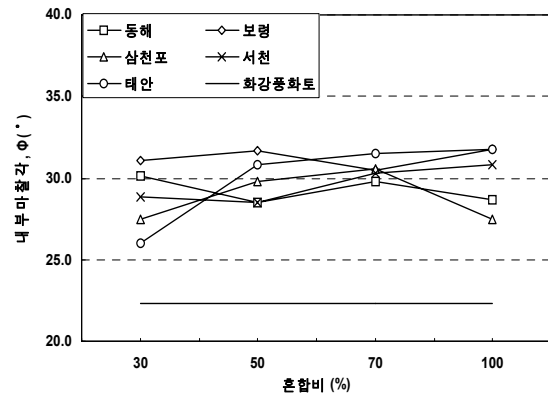
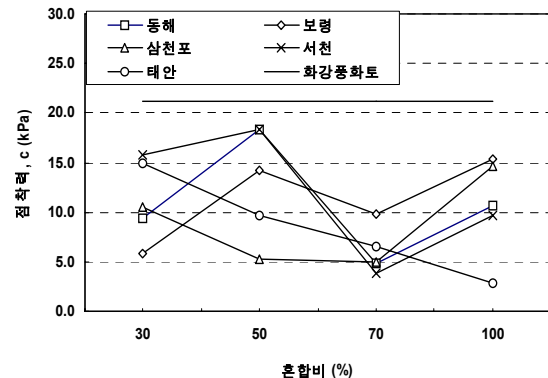


Fig.12 Changes in CBR with replacement ratio of bottom ash



(a) Changes in cohesion



(b) Changes in internal friction

Fig.13 Changes in cohesion and internal friction

6. 결론

저희의 성토재료 활용성에 대한 실험적 연구를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 시험에 사용된 5개 발전소의 저회는 액·소성을 갖지 않은 재료로 통일 분류상 SP 및 SM으로 평가되었으며, 성토 재료로서의 기준에 만족하는 것으로 평가되었다.
2. 혼합비에 따른 다짐특성을 비교한 결과 최대건조질량이 1.6 이상으로 평가되었으며, 수정 CBR을 측정한 결과 지지력값이 20 이상으로 평가되었다. 이는 기준 CBR 값보다 풍화도와 혼합할 경우라도 크게 측정이 되어 지지력 확보가 가능할 것으로 보인다.
3. 삼축압축시험 결과 혼합비에 따른 내부마찰각의 변화의 폭은 작은 것으로 측정이 되었다. 내부마찰각은 30°를 기준으로 혼합비에 따라 큰 차이를 보이지 않고 있으며, 점착력은 15.0kPa에서 2.8kPa로 평가되었으나 혼합비에 따른 경향은 나타나지 않았다. 내부마찰각은 모든 혼합비와 시료 종류에 따라서 큰 화강풍화토보다 큰 값을 보였으나, 점착력은 태안시료의 경우, 혼합비에 따라 크게 감소하였다.
4. 저회는 혼합비에 따라서 CBR값이 증가하고 있으며, 25 이상을 나타내고 있으므로, 도로성토기준에 부합하는 것으로 평가되었다.

감사의글

본 연구는 한국건설생활환경시험연구원에서 주관하는 “건설생산성 향상을 위한 건설자재 표준화 연구”(과제 번호 : 06기반구축A02, 국토해양부 R&D 정책인프라사업) 및 “발전소 매립회의 친환경적 활용을 위한 규격화 요소 기술”(지식경제부 전력산업연구개발사업)의 일환으로 수행되었으며 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 국토해양부, 도로교표준시방서, 한국도로교통협회, 2009
- 2) 김학수, 조규봉, 토목품질시험기술사, 구미서관, 2008
- 3) 박홍규, 김남옥, 최문호, “석탄폐석의 도로 성토재료로서의 활용에 관한 연구”, 대한토목학회 논문집, Vol.19, No.3-6, pp. 1143-1149, 1999
- 4) 송하원, 권성준, 변근주, 박찬규, “혼화제를 사용한 고성능 콘크리트의 배합특성을 고려한 염화물 확산 해석기법

에 관한 연구”, 대한토목학회 논문집, 제25권 제1A호, pp.213-223, 2005.

- 5) (주)에너지오, 매립석탄회 재활용기술개발-매립석탄회를 활용한 항만준설매립 표층연약지반의 고화처리공법개발, 한국남동발전 삼천포 화력본부, 2005
- 6) 천병식, 석탄회의 성토 및 포장재료로서의 개발, 한국과학재단, KOSEF-90-0600-08, 1993
- 7) 천병식, 고용일, “석탄회의 도로성토재 및 노상재료로서의 활용을 위한 비회와 저회의 적정혼합비”, 대한토목학회 논문집, Vol.12, Vol.1, pp.177-186, 1992
- 8) 한국전력공사 기술연구원, 성토재료로서의 석탄회 이용방안 연구, 연구보고서, 1992.6
- 9) American Association of State Highway and Transportation Officials (1989), Soil Classification System, M 145
- 10) Bas, B.M.(2009), Geotechnical Engineering Handbook, J.Ross Publishing
- 11) CEB, General Group 20, (1989), Durable Concrete Structure - Design Code, CEB, Thomas Telford, 1989
- 12) Garboczi, E.J., and Bentz, D.P. (1989), Computer Simulation of the Diffusivity of Cement-Based Materials, Journal of Materials Science, Vol.27, pp.2083-2092.
- 13) Mosaid M.A., and Dehorah, J.G. (1981), Centrifuge Modeling of Coal Waste Embankments, Journal of Geo Engineering, ASCE, Vol.107, N.GT4, pp.481-500
- 14) Yamanouchi, T. (1966), Utilization of Reuse in Coal Mine to Subbase of Pavement, 1966

요 약 제 목

최근 들어 산업부산물인 저회를 지반 매립재로 활용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 국내 5개사에서 채취된 저회와 풍화토 혼합하여, 3가지 저회의 혼합비(30%, 50%, 70%)에 따른 다짐실험, CBR 실험 및 삼축 압축실험 등이 수행되었다. 실험 결과, 저회를 혼입한 혼합토의 CBR값은 20을 상회하였으며, 소성을 보이지 않아 성토재료로 사용이 가능할 것으로 평가되었다. 혼합토에 사용된 저회의 역학적 성능이 풍화토보다 우수하므로, 혼합비가 증가할수록 혼합토의 CBR값은 뚜렷한 증가를 나타내었다. 그러나, 배합후 입자배열에는 큰 영향을 주지 못하므로, 혼합비에 따른 내부마찰각 및 점착력의 변화는 뚜렷하게 평가되지 못했다. 저회는 시료 자체의 강성이 있으므로, 지지력이 풍화토에 비하여 크게 평가되었으며, 성토재료로서의 활용할 수 있음을 실험적으로 규명하였다.