

# 회사장 혼합석탄재의 압축강도 특성

## The Characteristics on Compressive Strength of Mixed Coal Ash in Ash Pond

고 용 일<sup>†</sup>  
Yongil Koh

Received: August 1<sup>st</sup>, 2014; Revised: August 12<sup>th</sup>, 2014; Accepted: September 24<sup>th</sup>, 2014

**ABSTRACT :** The various recycling methods of mixed coal ash have been developed considerably and it's recycling quantity has been increased. However, the more relatively finer grain content of coal ash in ash pond is increased the more it's quantity is increased in recycling as products for drainage in soft ground etc. Accordingly, the geotechnical properties of mixed coal ash in ash pond would be inferior and it's recycling rate should reach the limitations in increase. In this study, to recycle mixed coal ash contained fine grain in considerably amount as products for strength, etc. By adding binder to it and manifesting, it's compressive strength is stronger than the criteria, these are suggested; 1) the variety of compressive strength test performed on mixed coal ash of various grain distributions as main material, 2) the kind of binder, it's mixing quantity and the optimum content rate range of fine grain coal ash that the compressive strength stronger than a certain compressive strength is manifested. Cement is more excellent than quicklime as binder in manifesting stronger compressive strength and the sieve type to sort it is #40 sieve in order to recycle all mixed coal ash in ash pond efficiently as products for drainage as well as products for strength, etc. And, it could increase insufficient compressive strength remarkably that content of pure sand is more in the rate as pure sand and the part of mixed coal ash in ash pond to pass through #40 sieve is mixed in the ratio of 2 to 8.

**Keywords :** Mixed coal ash in ash pond, Compressive strength, Recycling rate, Products for strength, Products for drainage

**요 지 :** 회사장 혼합석탄재에 대한 다양한 활용법이 개발되어 그 사용량이 외면적으로는 상당히 증대되고 있다. 그러나 예를 들어 연약지반용 배수재 등으로 활용하는 경우는 사용량이 증가할수록 회사장 석탄재에는 상대적으로 작은 입자의 함유율이 증가하는 현상이 발생함으로써 회사장 석탄재의 지반 공학적 특성은 열악해져서 재활용률은 더 이상 증대되지 못하는 한계에 이르게 된다. 본 연구에서는 회사장 석탄재 중 활용성이 낮은 세립분이 상당량 포함된 석탄재에 바인더를 사용하여 압축강도가 정해진 기준 이상 발현되게 하여 강도용 제품 등으로까지 활용할 수 있도록 하기 위하여 1) 주재료인 혼합석탄재의 다양한 입도분포에 따른 압축강도 변화, 2) 소요 압축강도의 바인더의 종류 및 혼합량 그리고 회사장 석탄재의 최적 세립분 함유 범위 등을 제시하고 있다. 바인더는 압축강도 발현 면에서 생석회보다는 시멘트가 월등히 우수하고, 강도용 제품은 물론 배수용 제품 등으로 회사장 혼합석탄재 전체 물량을 효율적으로 활용하기 위해서 선별하는 체로는 #40체가 적절하다. 또한 순수 모래와 #40체를 통과한 회사장 혼합석탄재의 혼합비율이 2 : 8 이상으로 순수 모래가 함유되게 사용함으로써 부족한 압축강도를 현저하게 증대시킬 수 있다.

**주요어 :** 회사장 혼합석탄재, 압축강도, 재활용률, 강도용 제품, 배수용 제품

## 1. 서 론

석탄 화력발전소에서 대량으로 부산되어 회사장(灰捨場, ash pond)에 매립되고 있는 혼합석탄재(mixed coal ash ; fly ash 중 전기 집진기에 의해 포집되지 못한 나머지와 bottom ash가 혼합되어 있음)는 일반 토공재, 되메우기 및 뒷채움재 등으로의 활용법이 개발되어 그 사용량이 외면적으로는 상당히 증대되고 있다. 그러나 예를 들어 연약지반용 배수재 등으로 활용하는 경우는 사용량이 증가할수록 회사장 석

탄재에는 상대적으로 작은 입자의 함유율이 증가하는 현상이 발생함으로써 회사장 석탄재의 지반 공학적 특성은 열악(實用 軟弱地盤對策 技術總覽 編集委員會, 1993; 地盤改良의 調査·設計から施工まで 編集委員會, 1978)해져서 재활용률은 더 이상 증대되지 못하는 한계에 이르게 되고, 회사장 자체의 지내력이나 토압 면에서 안전성이 취약해짐으로써 회사장의 유지관리와 장기 활용계획 수립 등을 더욱 어렵게 하는 결과가 될 것으로 여겨진다.

이에 회사장 석탄재 중 활용성이 낮은 세립분이 상당량

<sup>†</sup> Department of Civil Engineering, Chodang University (Corresponding Author : yikoh@cdu.ac.kr)

포함된 석탄재에 바인더를 사용하여 압축강도가 정해진 기준 이상 발현되게 하여 기와, 보도·조경 블록, 석판 그리고 보강토 블록과 같은 내력 블록 등으로까지 활용성을 높인다면 균형 있고 효율적으로 회사장 석탄재를 활용할 수 있게 하여 재활용률 증대에 대한 한계를 극복할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 다양한 입도분포의 회사장 석탄재를 주재료로 한 압축강도 발현 현상을 알아보기 위하여, 압축강도 시험을 시행하여 최적의 세립분 함유 범위와 바인더의 종류 및 혼합량 등을 제시하고자 한다.

## 2. 회사장 혼합석탄재의 성질

국내 석탄화력발전소에서 배출되는 혼합석탄재의 물리적 성질이나 화학적 성분은 화력발전소마다 차이가 있고(Chun et al., 1990), 같은 석탄화력발전소에서도 연소에 사용하는 석탄의 종류 및 석탄재 배출날짜, 회사장에서의 경과시간 등 다양한 요인에 의해서 다르다.

본 연구에서는 OO화력발전소 회사장 혼합석탄재를 채취하여 실험하였고, 입도시험(KS F 2302)은 비중계분석 및 체 분석에 의하여 실시하였다. Atterberg시험(KS F 2303, 2304)에 의하면 본 회사장 석탄재는 모두 비소성(NP)이며, 비중(KS F 2308)은 시료1(배출관로 부근) 혼합석탄재의 경우 2.65와 시료2(배출관로에서 50 m 정도 이격됨) 혼합석탄재의 경우는 2.28로, 세립분이 많은 시료2 혼합석탄재가 시료 1 혼합석탄재보다 비중이 작은 것으로 나타났다.

흙의 통일분류법에 의하면 시료1 혼합석탄재의 경우 SP-SM이고, 시료2 혼합석탄재의 경우는 SM으로 분류되었다. 특히 배출관로에서 어느 정도 이격된 곳에서 채취한 시료2 혼합석탄재의 경우는 0.075 mm보다 작은 세립분이 32.41 %나 함유되어 있고 시료1 혼합석탄재의 경우는 8.15 %로 같은 회사장내에서도 위치에 따라 매우 불규칙적임을 확인하였다.

## 3. 시료 및 예비 시험

### 3.1 기본 재료

폐기물의 재활용 연구의 일환으로 회사장 혼합석탄재의 재활용을 위한 많은 연구(Koh, 2012)가 수행되고 있으며 특히 대규모로 사용될 수 있는 일반 토공재, 되메우기 및 뒷채움 재 등으로의 활용법이 개발되어 이들 매립석탄재의 사용량이 점점 증대되고 있다. 또한 연약지반용 배수재 등으로의 활용에 관한 연구(Koh, 2013)에서는 회사장에 매립되어 있는 석탄재를 그대로 사용하기에는 0.075 mm보다 작은 입경의 세립분이 상당량 포함되어 있어 이 세립분을 제거하여 사용하여야 하므로 이를 효율적으로 제거하는 방안까지도 제시되는 등 이 분야에서도 실용화 단계까지 연구가 진행되어 있는 상황이다.

본 연구를 통하여 이와 같이 회사장 혼합석탄재의 조립분이 모래 등 천연 조립토를 대체하여 연약지반용 배수재 등으로 더 많이 활용되어도, 잔여분인 세립분이 많이 섞인 회사장 혼합석탄재가 더욱 다양화되고 활발하게 활용됨으로써 재 부산되어 폐기되는 석탄재 없이 이들 매립석탄재가 균형 있게 활용되어 결과적으로는 폐 석탄재의 재활용률 증대의 한계를 극복하여 궁극적으로는 전체 폐 석탄재의 재활용을 달성시키고자 하는 목적을 가지고 있다.

본 연구에서는 현장에서 수세식(또는 수중) 분류에 의해 #40체를 통과한 회사장 매립석탄재를 기본 시험재료로 하였다.

### 3.2 예비 시험

#40체를 통과한 이 매립석탄재를 대상으로 하여 바인더로 일반 포틀랜드 시멘트와 생석회를 사용하였으며 그 혼합비율을 6 %~30 %까지 변경하면서 다양하게 하고, 이 석탄재만으로는 어느 정도 이상의 강도 발현이 안 되는 경우를 대비하여 예비 시험에서는 석탄재의 일정 비율(10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %)을 사용하였다.

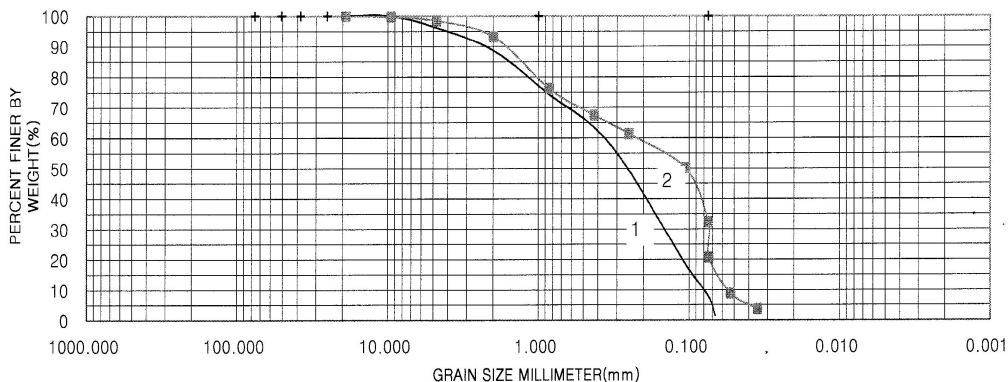


Fig. 1. Grain distribution curve of mixed coal ash in this ash pond

25 %, 35 %, 50 %, 75 %)을 일반 골재용 모래로 대체 하는 등, 총 20개의 Case로 재료배합을 하였으며 그 상세 배합비율과 배합량은 Table 1과 같다.

그리고 이 20종류의 Case에 대하여 압축강도 시험을 실시한 결과는 Table 2와 같다. 여기서의 압축강도 시험은 예비 시험으로 배합비 등을 다양하게 하기 위하여 공시체는

Table 1. Mixing ratio of cubic-mold sample materials for compressive strength pre-test

Case No.	Binder		Coal ash (N)	Sand (N) / sand % by weight	Water (N) / water-binder ratio	remark
	Type and % by weight	Weight (N)				
No. 1	Cement 6 %	0.8829	14.715	-	5.1503 / 33 %	* Using coal ash in ash pond which pass through #40 sieve  * Binder % by weight $= \frac{\text{binder}}{\text{coal ash} + \text{sand}}$  * Sand % by weight $= \frac{\text{sand}}{\text{coal ash} + \text{sand}}$  * Water-binder ratio $= \frac{\text{water}}{\text{coal ash} + \text{binder}}$
No. 2	Cement 8 %	1.1772	14.715	-	5.2974 / 33 %	
No. 3	Cement 10 %	1.4715	14.715	-	5.3710 / 33 %	
No. 4	Cement 12 %	1.7658	14.715	-	5.4446 / 33 %	
No. 5	Cement 14 %	2.0601	14.715	-	5.5917 / 33 %	
No. 6	Cement 16 %	2.3544	14.715	-	5.6653 / 33 %	
No. 7	Cement 18 %	2.6487	14.715	-	5.7389 / 33 %	
No. 8	Cement 20 %	2.9430	14.715	-	5.8860 / 33 %	
No. 9	<b>Quicklime 8 %</b>	<b>1.1772</b>	14.715	-	5.2974 / 33 %	
No. 10	<b>Quicklime 10 %</b>	<b>1.4715</b>	14.715	-	5.3710 / 33 %	
No. 11	<b>Quicklime 12 %</b>	<b>1.7658</b>	14.715	-	5.4446 / 33 %	
No. 12	Cement 28 %	4.1202	14.715	-	6.2294 / 33 %	
No. 13	Cement 30 %	4.4145	14.715	-	6.3275 / 33 %	
No. 14	Cement 32 %	4.7088	14.715	-	6.4256 / 33 %	
No. 15	Cement 30 %	4.8560	14.568	1.6187 / 10 %	6.9945 / 36 %	
No. 16	Cement 30 %	5.0031	14.175	2.5016 / 15 %	6.9210 / 36 %	
No. 17	Cement 30 %	5.4446	13.611	4.5371 / 25 %	6.8964 / 36 %	
No. 18	Cement 30 %	5.8860	12.753	6.8670 / 35 %	6.7100 / 36 %	
No. 19	Cement 30 %	6.4746	10.719	10.791 / 50 %	6.2588 / 36 %	
No. 20	Cement 30 %	7.3575	6.131	18.394 / 75 %	4.9050 / 36 %	

Table 2. Result of compressive strength pre-test

Case No.	1 day strength (kN/m <sup>2</sup> )	3 days strength (kN/m <sup>2</sup> )	7 days		14 days		28 days		Remark
			Weight (N)	Strength (kN/m <sup>2</sup> )	Weight (N)	Strength (kN/m <sup>2</sup> )	Weight (N)	Strength (kN/m <sup>2</sup> )	
No. 1	0	448.32	-	477.75	-	534.65	1.5480	583.70	* Cubic mold size: 5 cm × 5 cm × 5 cm
No. 2	0	500.31	-	669.04	-	816.19	1.5912	819.14	
No. 3	0	580.75	-	828.95	-	873.09	1.5951	961.38	
No. 4	0	647.46	-	858.38	-	892.71	1.6491	1,074.20	
No. 5	0	776.95	-	968.25	-	1,088.91	1.6206	1,211.54	
No. 6	0	804.42	-	1,250.78	-	1,275.30	1.6638	1,409.70	
No. 7	0	966.29	-	1,530.36	-	1,142.87	1.6520	1,149.73	
No. 8	0	936.86	-	1,054.58	-	1,123.25	1.6618	1,137.96	
No. 9	0	0	-	461.07	-	515.03	1.5598	566.04	
No. 10	0	0	-	470.88	-	551.32	1.6079	632.75	
No. 11	0	0	-	487.56	-	559.17	1.6334	659.23	
No. 12	701.42	1,623.56	1.6397	2,506.46	1.6461	2,570.22	1.6613	3,031.29	
No. 13	770.09	1,778.55	1.6402	2,530.98	1.6599	2,962.62	1.6633	3,085.25	
No. 14	755.37	1,800.14	1.6574	2,690.88	1.6633	3,055.82	1.6741	3,389.36	
No. 15	642.56	1,847.22	1.6942	2,702.66	1.7172	3,460.97	1.7290	3,477.65	
No. 16	814.23	2,170.95	1.7334	2,965.56	1.7437	3,531.60	1.7570	3,546.32	
No. 17	819.14	2,195.48	1.8109	3,109.77	1.8252	3,647.36	1.8492	3,685.62	
No. 18	902.52	3,198.06	1.9576	3,652.26	1.9399	4,172.19	1.9409	4,439.03	
No. 19	1,378.31	4,005.42	2.0969	4,643.07	2.1312	5,125.73	2.1739	5,164.97	
No. 20	3,070.53	7,117.16	2.4520	7,485.03	2.4687	8,161.92	2.4353	8,686.76	

5 cm × 5 cm × 5 cm 황동제 큐브 몰드로 제작하여 재령(1일, 3일, 7일, 14일, 28일)에 따라 실시하였다.

Table 2의 압축강도 예비 시험 결과에 의하면 일단 바인더는 압축강도 발현 면에서 생석회보다는 시멘트(보통 포틀랜드 시멘트)가 월등히 우수함을 확인하였고, 따라서 향후 본 시험에서는 생석회는 배제하고 바인더로는 시멘트를 사용하는 것으로 하였다. 또한 시멘트의 혼합 중량백분율이 많을수록 강도 발현이 크지만, 경제성 등도 고려하여 시멘트의 혼합 중량백분율은 석탄재 등 주재료 중량의 1/3 정도인 33 %를 최대 한계치로 보아 본 시험의 각 Case마다 이 백분율로 동일하게 혼합하도록 하였다.

예비 시험 결과에 의하면 전반적으로 예상보다 작은 압축강도가 발현된 것으로 나타나고 있고 순수 모래가 상당히 많은 양 이상 혼합한 Case No. 20에서만 9,000 kN/m<sup>2</sup> 가까운 압축강도를 발현하였다. 이는 이번 공시체 제작에 사용한 몰드는 5 cm × 5 cm × 5 cm 크기로, 작은 공시체 제작으로 물을 포함한 배합재료의 총량이 적고 석탄재라는 재료의 특성상 혼합되는 물의 양에 민감한데 실험 중 증발되거나 손실되는 양도 있어, 이번 예비 시험 결과의 분석과 고찰을 통해 적정하게 혼합되는 물의 양을 약간 넘어서는 것이 장기 압축강도 발현에 유리하다는 사실을 알 수 있었을 뿐 아니라 본 시험에서는 배합비에 따른 Case를 대폭적으로 줄이게 되었다.

#### 4. 본 시험 결과 및 고찰

예비 시험의 결과의 자료를 활용하여 본 시험의 압축강도 시험(KS L 5105)을 실시하였고 세립분의 재료에서 많이 발생하는 습윤팽창, 건조수축 등으로 인한 균열 발생에 대한 안전도를 확인하기 위한 오토클레이브 팽창도 시험(KS L 5107)도 KS 시험 규정에 의해 실시하였다(최재진 등, 2000).

이들 2가지 시험을 실시함에 있어서 기준 재료는 #40체를 통과한 회사장 매립석탄재(Test No. 1)와 #40체를 통과한 회사장 매립석탄재보다 모래입자 크기의 성분이 10 %에서 최대 15 %까지 많이 함유될 수 있는 #20체를 통과한 회사장 매립석탄재(Test No. 2)를 사용하였으며 이때 압축강도는 1일, 3일, 7일, 14일, 28일 강도를 측정하였다. 추가하여 #40체를 통과한 회사장 매립석탄재보다 모래입자 크기의 성분이 30 %에서 최대 37 %까지 많이 함유될 수 있는 #4체를 통과한 회사장 매립석탄재보다 #20체 통과분(0.074 mm보다 작은 크기의 입자)이 많아 40 %(Test No. 3), 50 %(Test No. 4), 60 %(Test No. 5)로 입도 조정된 매립석탄재 그리고 확실히 큰 압축강도 발현을 위해 #40체를 통과한 회사장 매립석탄재에 모래(주문진 표준사)를 60 % 혼합한 시료(Test No. 6)에 대해서 압축강도는 14일과 28일 강도만 측정하였다. 본 시험을 실시한 결과는 Table 3과 같다.

본 시험을 실시한 6개 시료에 대하여 최대 입경 그리고 세립토 크기 입자의 함유 백분율을 정리해 보면 Table 4와

Table 3. Results of compressive strength test and auto Clave expansion test

Test No.	1 day strength (kN/m <sup>2</sup> )	3 days strength (kN/m <sup>2</sup> )	7 days strength (kN/m <sup>2</sup> )	14 days strength (kN/m <sup>2</sup> )	28 days strength (kN/m <sup>2</sup> )
No. 1	776.95	1,951.21	3,024.42	3,532.58	4,114.31
No. 2	796.57	4,289.91	7,292.75	11,775.92	17,083.13
No. 3	-	-	-	23,399.79	26,966.71
No. 4	-	-	-	21,399.53	25,400.05
No. 5	-	-	-	19,100.07	22,300.09
No. 6	-	-	-	25,099.87	27,332.62

\* Type of sample material

- Test No. 1 : Coal ash in ash pond which pass through #40 sieve
- Test No. 2 : Coal ash in ash pond which pass through #20 sieve
- Test No. 3 : Coal ash in ash pond which pass through #4 sieve and of which percent finer than 0.075 mm by weight is 40 %
- Test No. 4 : Coal ash in ash pond which pass through #4 sieve and of which percent finer than 0.075 mm by weight is 50 %
- Test No. 5 : Coal ash in ash pond which pass through #4 sieve and of which percent finer than 0.075 mm by weight is 60 %
- Test No. 6 : Coal ash in ash pond passing through #40 sieve and pure sand are mixed in the ratio of 40 % to 60 % by weight

\* Mold size : φ10 cm × 20 cm (height)

Test No.	Result of auto Clave expansion test (%)
No. 1	0.002
No. 2	0.001
No. 3	0.002
No. 5	0.004
No. 6	0.002

Table 4. Maximum grain size and percent finer than 0.075 mm by weight, of sample material

Test No.	Maximum grain size	Percent finer than 0.075 mm by weight	Remark
No. 1	0.42 mm	48.5 %	* Maximum percent finer than 0.075 mm by weight, of coal ash in this ash pond is 32.41 %
No. 2	0.84 mm	42.5 %	
No. 3	4.75 mm	40.0 %	
No. 4	4.75 mm	50.0 %	
No. 5	4.75 mm	60.0 %	
No. 6	0.85 mm	29.0 %	

같다.

시멘트의 혼합 중량백분율은 석탄재 등 주재료 중량의 33 %로 일정하게 하여, 회사장 매립석탄재를 #40체(체 눈금 크기 0.42 mm)에 통과시킨 시료(Test No. 1)와 #20체(체 눈금 크기 0.84 mm)에 통과시킨 시료(Test No. 2), 그리고 #4체(체 눈금 크기 4.75 mm)에 통과시킨 시료(Test No. 3, Test No. 4, Test No. 5)의 압축강도 시험 결과에 의하면, 표준사를 혼합하지 않은 순수 회사장 매립석탄재 시료의 압축강도는 최대 입경이 클수록 커짐을 알 수 있고, #4체에 통과시킨 시료[#200체 통과분이 40 % (Test No. 3), 50 % (Test No. 4), 60 % (Test No. 5)]에서는 압축강도가 세립토 크기 입자의 함유 백분율이 작을수록 커지는 경향이 있음을 알 수 있다.

본 시험의 압축강도 시험 결과에서는 특히 #20체에 통과시킨 경우에서 압축강도 발현은 현격히 증가한다는 것을 확인할 수 있다.

한편 기존의 연구 등에 의하면 회사장 혼합석탄재의 #200체를 통과하는 세립분의 양은 각 석탄화력발전소에 따라 그리고 같은 석탄화력발전소에서도 사용하는 석탄의 종류 및 배출날짜, 채취 위치 등에 따라 달라지기 때문에 회사장 혼합석탄재에 세립분이 불규칙적이면서 상당량 함유되어 있어, 세립분이 어느 정도까지는 제거되도록 선별 등의 방법으로 선 처리 과정을 거치지 않는 한 배수재에 무작위로 사용함에는 문제가 될 수 있다고 확인하였으며 특히 Koh(2013)의 연구에서는 일반적으로 세립분의 제거는 이론적으로나 실험실에서는 노건 후 #200체를 사용하여 선별하여야 하겠지만, 현장에서는 회사장 혼합석탄재의 노건조 상태의 유지가 불가능하고 대량으로 선별해야 한다는 점을 감안하여 수중 선별법이 효율적이고 이때 사용하는 체는 #40체를 제안한 바 있다.

#200체를 통과한 회사장 매립석탄재는 #40체를 통과한 것보다 그 잔류량에서 10 %~15 % 정도까지 증대되었지만 각 체를 통과한 회사장 혼합석탄재를 대상으로 어느 정도 이상의 큰 강도 발현을 확실히 보장하기 위해서는 #200체를 사용하여 선별하고 통과분을 기와는 물론 보도·조경 블록,

석판 그리고 보강토 블록과 같은 내력 블록 등으로까지 활용하고 그 잔류분은 연약지반용 배수재로 활용하면 배수성은 더욱 증가시킬 수는 있다.

그러나 회사장 혼합석탄재의 효율적인 활용을 위해서는 #40체를 사용하여 선별하는 것을 권장한다. 따라서 어느 정도 이상의 강도를 요구하는 재료의 제작에 임하여 해당 회사장 매립석탄재를 일단은 #40체를 통과시켜 통과분의 압축강도를 확인한 다음 #40체를 통과한 회사장 매립석탄재가 필요로 하는 압축강도를 충분히 발현하면 그대로 #40체를 사용하여 선별하여 통과한 것을 사용하고, 그 압축강도가 어느 기준에 미치지 못하면 세립분의 함유 백분율이 40 % 이하가 될 수 있는 범위인 순수 모래와 #40체를 통과한 회사장 매립석탄재는 2 : 8 이상의 순수 모래가 함유되도록 하는 비율로 혼합하여 사용하여야 한다.

오토클레이브 팽창도 시험에 의하면 오토클레이브 팽창도가 0.8% 이하이면 균열에 대한 기준은 만족하는 것으로 평가되는데 본 실험의 4종류의 모든 시료가 각각의 품질 기준을 충분히 만족하는 것으로 평가되었다.

## 5. 결 론

- (1) 본 연구에서 기준 재료인 #40체를 통과한 회사장 혼합석탄재는 흙의 통일 분류에 의하면 SM으로 조립토이지만 조립토 성분은 전부 가는 모래(細砂)이고, 0.075 mm(#200체 눈금의 크기)보다 세립분이 38.1 % 정도 함유되어 있어 토질 역학적으로는 세립토의 특성을 가질 것으로 여겨진다.
- (2) 바인더는 압축강도 발현 면에서 생석회보다는 시멘트가 월등히 우수함을 확인하였고, 시멘트의 혼합 중량백분율이 많을수록 압축강도 발현이 크지만, 경제성 등도 고려하여 시멘트의 혼합 중량백분율은 석탄재 등 주재료 중량의 1/3 정도인 33 %가 적절한 것으로 사료된다.
- (3) 시멘트의 혼합 중량백분율은 석탄재 등 주재료 중량의 33 %로 일정하게 하여 실시한 압축강도 시험 결과에 의

하면 각 체를 통과한 순수 회사장 매립석탄재 시료의 압축강도는 최대 입경이 클수록 커짐을 알 수 있고, 세립토 크기 입자의 함유 백분율이 작을수록 커지는 경향이 있음을 알 수 있으며 특히 #20체에 통과시킨 경우에서 압축강도 발현의 증가 비율이 현격하다. 그러나 강도용 제품은 물론 배수용 제품 등으로 폐기되는 석탄재의 재 부산없이 회사장 혼합석탄재 전체 물량을 효율적으로 완전하게 활용하기 위해서는 선별하는 체 눈금의 크기가 매우 중요하며 선별하는 체로는 #40체가 적정하다고 사료된다.

- (4) #20체를 통과한 회사장 혼합석탄재의 세립분 함유율보다 #40체를 통과한 것의 세립분 함유율은 급격히 증가하게 된다. #40체를 통과한 회사장 석탄재의 세립분 함유율이 40 %를 넘을 경우에는 그 시료의 압축강도가 상당히 저하되어 요구되는 기준을 충분히 만족하지 못하는 결과가 된다. 이 경우 #40체를 통과한 회사장 석탄재의 세립분 함유율이 40 % 이하가 되도록 입도 조정하여 사용하여야 하는데, 순수 모래와 #40체를 통과한 회사장 혼합석탄재의 혼합비율이 2 : 8 이상으로 순수 모래가 함유되도록 하여 사용하는 것도 좋은 방안이다.

## References

1. 최재진, 최연왕, 김기형 (2000), 최신 토목재료학, 기문당, pp. 137~180.
2. 實用 軟弱地盤對策 技術總覽 編集委員會 (1993), 土木·建築技術者のための實用 軟弱地盤對策 技術總覽, 産業技術 - ビスセンター -, 日本 東京, pp. 640~675.
3. 地盤改良の調査·設計から施工まで 編集委員會 (1978), 現場技術者のための土と基礎シリーズ 3 : 地盤改良 の調査·設計から施工まで, 三美印刷株式會社, 日本 東京, pp. 33~73.
4. Chun, B. S., Koh, Y. I., Oh, M. Y. and Kwon, H. S. (1990), Studies on engineering properties of coal ash obtained as industrial wastes, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 10, No. 1, pp. 115~123 (in Korean).
5. Koh, Y. I. (2012), The environmental analyzing method of mixed coal ash in ash pond to recycle as a construction material, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 13, No. 12, pp. 75~79 (in Korean).
6. Koh, Y. I. (2013), The construction work method of mixed coal ash in ash pond to recycle as a horizontal drain material, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 14, No. 4, pp. 53~58 (in Korean).