

FLY - ASH 기초 연구 자료

김 수 만

(아주산업(주) 구로공장 · 품질관리과장)

제 1 장 개 요

FLY ASH를 레미콘 혼화 재료로 사용함으로써 워커빌리티개선, 시멘트 수화열 완화, 장기간도 증진, 수밀성 향상 및 건조 수축감소등에 유효함이 알려져 있으며 화력발전소 부산물인 FLY ASH를 실용화되기 시작한 년대는 1900년 초 미국에서 연구·검토되기 시작하여 1936년 HOOVER 댐에 135kg/m의 강도로 사용된 이후 1940년에는 미국과 소련, 호주, 유럽등에서 댐 및 MASS 콘크리트에 많이 사용하기에 이르렀으며 국내에서는 충주 다목적댐에서 50kg/m~150kg/m을 사용한 실적이 있다.

요즈음은 많은 나라에서 콘크리트 혼화재료로 FLY ASH 시멘트의 원료로 이용되고 있고 FLY ASH에 대한 연구도 발전소 이용과 산업 폐기물 처리 해결과 FLY ASH 콘크리트 장점을 1968년 국제 시멘트 화학 SYMPOSIUM에서 주제로 발표되어 현재 사용되는 R. C.C(ROLLER COMPACTED CONCRETE) 공법에서는 반드시 FLY ASH를 사용하여 시멘트 양을 줄여 나가는 추세이고 REMICON에 사용되는 FLY ASH는 1985년에 KS L 5405에 의거 보령화력 발전소의 유연탄 FLY

ASH를 대상으로 연구 검토되어 삼표산업, 한일시멘트, 아세아시멘트, 동양시멘트, 쌍용양회, 아주산업, 현대시멘트, 고려산업개발등 국내 굴지의 시멘트 업계 및 레미콘 생산 업계에서 연구 검토되어 FLY ASH를 사용하고 있는 실정이다.

현재는 KS F 4009(레디 믹스 콘크리트) 공장 심사 기준(1991. 6. 17개정)따라 “혼화재료 사용시는 반드시 구입자의 승인을 사전에 얻어야 된다.”라고 명시되어 있기에 충분한 연구 검토를 하고 시험배합을 한 후 사용하여야 한다.

이에 당사 품질관리부 연구실에서는 현재 사용하고 있는 레미콘 배합설계를 중심으로 연구 시험을 진행 검토 하였으며 FLY ASH를 현장 배합에 혼화재료로서의 대체 사용을 시멘트 중량의 5%, 7%, 10% 사용을 검토 하였다. 따라서 본 연구 시험은 경제적인 배합관리와 품질개선을 목적으로한 콘크리트의 혼화재료로서 FLY ASH 사용 가능성을 검토 하는데 있다.

제 2 장 FLY ASH란?

2. 1 FLY ASH의 개요

석탄을 원료로 하는 화력발전소에서 미분탄

을 약 1400°C~1500°C의 고온으로 연소 시켰을 때 남거나 날아가는 회분으로서 이것을 전기식 혹은 기계식 및 습식 집진장치에 의해 모은 것을 말한다.

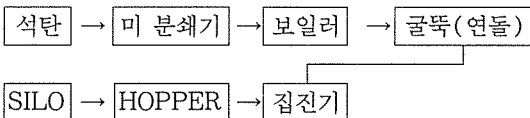
그 주성분으로서는 실리카, 알루미늄, 산화제2 철등으로 구분되어 있으며 미량의 칼륨, 인, 붕소, 코발트, 몰리브덴, 마그네슘등이 함유되어 있다. FLY ASH는 그 자체로서는 수변성이 거의 없으나 콘크리트에 사용하게 되면 FLY ASH에 함유되어 있는 가용성 실리카가 시멘트 수화시 수산화칼슘과 상온에서 서서히 결합하여 불용성의 안정된 규산칼슘을 만드는 성질이 있으며 FLY ASH의 포졸란 반응의 생성물로 유리하면서 FLY ASH와 시멘트 풀의 변화체가 단단하게 결합되어 장기적으로 강도 증진이 되고 콘크리트 내구성을 향상 시키는 역할을 해주는 시멘트 배합과 함께 사용할 수 있는 혼화재료의 일종인 미분탄 이다.

[표 1] 유연탄과 무연탄의 비교시험

항 목	유연탄(보령)	무연탄(서천)
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	91.3 %	90.6 %
MgO	0.2 %	0.2 %
SO ₃	0 %	0 %
강열감량	3.5 %	5.84%
알카리	0.8 %	1.14%
분말도(44μm)	12.2 %	7.6 %
소요수량비(조절)	99 %	100 %
안정도	0.07%	0.07%
비 중	2.26	2.32

2. 2 FLY ASH의 생산과정

2. 2. 1 FLY ASH의 생산과정



2. 2. 2 국내산 FLY ASH의 생산현황

단위 : 천톤

탄종류	발전소	FLY ASH 생산량	기타
무연탄	영동	300	
	부산	100	
	영월	180	
유연탄	군산	70	
	서천	400	
	삼척	20	
계		710	
유연탄	삼천포	300	
	보령	250	집진설비 시설완료
	계	550	

2. 3 FLY ASH 기초 조사

2. 3. 1 FLY ASH 물리적 성질

(1) 입자의 모양과 크기

다공성 구형입자와 단단한 구형입자로 되어 있으며 입자의 크기는 1μm~100μm이다. 열처리 온도 변화에 따라 다공성 입자는 이산화탄소(CO₂)와 이산화질소(NO₂)가 충전되어 있어 무게는 단단한 구형 입자보다 가벼우며 직경은 20μm~200μm 크기로서 CENOSPHERE라 칭한다.

(2) 분말도

분말도는 KS L 5405에 최대치 9μm 이상으로 규정하고 있고 비표면적이 크거나 44μm체 잔유량이 적을수록 높아지며 분말도가 높을수록 포졸란 활성도가 커지며 FLY ASH를 배합한 워커빌리티가 커진다.

(3) 색깔

탄소(C)나 철(Fe)의 성분 함량에 따라 변화되나 거의 시멘트 색깔과 비슷하며 온도에 따라 검은색과 황갈색으로 조금 변화 된다.

(4) FLY ASH의 화학 성분

▶ 실리카(SiO_2) + 알루미늄(Al_2O_3) + 산화제2철(Fe_2O_3)

FLY ASH 중의 가용성 SiO_2 는 시멘트 수화시 생성되는 수산화 칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)와 상온에서 서서히 화합하여 불용성의 안정된 규산칼슘($\text{CaO}, \text{Ca}(\text{OH})_2$)을 생성시켜 장기적으로 콘크리트의 압축강도를 증진 시킨다.

FLY ASH에 대한 기초 ASTM 규정에는 SiO_2 규정치를 40%로 규정하였으나 현재는 KS와 ASTM 공히 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 합량 70%로 규정하고 있다.

▶ 산화 마그네슘(MgO)

FLY ASH에 함유된 산화마그네슘은 콘크리트 내에서 반응하여 수산화 마그네슘(MgO)이 생성되어 수산화 반응이 늦게 진행된다 할지라도 그 생성물은 산화마그네슘보다 체적이 크므로 균열의 원인이 되어 5% 이하로 규정하고 있다.

▶ 무수황산(SO_3)

무수황산은 콘크리트 내에서 황산염($\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{H}_2\text{O}$)이 되고 다시 시멘트에 있는 알루미늄산염과 반응하여 칼슘 설포 알루미늄에이트를 생성하는데 균열의 원인이 되므로 KS L 5405에서는 알카리 함량을 최대로 1.5%로 규제하고 있다.

▶ 강열감량(LOSS ON IGNITION, L.O.I)

FLY ASH를 800°C로 가열하면 C, CO 혹은 S 성분이 줄어 드는데 원 시료 대비의 량을 강열감량이라하며 강열감량이 많은 FLY ASH를 사용하게 되면 AE 콘크리트를 일정하게 하기 위하여 AE제 사용량을 증가 사용해야한다.

▶ 중성화

FLY ASH를 사용하게 되면 칼슘이온이 FLY ASH 중의 SiO_2 와 결합하는 포졸란 반응에 의해 알카리 성분이 저하됨에 따라 중성화가 추진된다.

2. 3. 2 FLY ASH 콘크리트 특성

(1) 굳지 않은 콘크리트의 특성

▶ 워커빌리티(WORKERBILITY)

FLY ASH는 입자 모양이 구형이므로 불 배어림 작용을 하여 마찰이 감소되어 워커빌리티가 좋아진다. 그러므로 시멘트의 일부를 FLY ASH로 대체하여 단위수량을 감소 시킬 수 있다.

FLY ASH 비중은 2.2~2.5 정도이며 시멘트의 비중은 3.13~3.15 정도이므로 FLY ASH 콘크리트에 사용되는 시멘트는 체적이 증가됨에 따라 성형과 접착력이 좋아진다.

▶ 블리이딩

블리이딩이란 굳지 않은 콘크리트나 모르타에 있어서 물이 상승하는 현상을 말하며 블리이딩은 AE제, 분산제등을 사용함으로써 단위수량을 감소시키거나 배합비를 조절할 수 있다.

그러나 콘크리트 타설시 중요한 것은 워커빌리티를 증진시키면서 단위수량을 감소시키는 것인데 FLY ASH를 일정하게 배합에 맞게 사용하면 단위 수량이 감소하므로 블리이딩 현상이 감소하고 성형성과 접착력이 좋은 콘크리트를 얻을 수 있다.

▶ FLY ASH의 AE제 사용과 유동성

FLY ASH를 혼합한 콘크리트에 AE제를 사용할 경우 FLY ASH 성분중 미연소 탄소의 AE제 흡착작용에 따라 콘크리트의 공기량 관리가 어려우며 FLY ASH품질에 따라 영향 있다. 시공성 개선과 품질을 향상시키는 유동화제는 FLY ASH 분산력이 약하기 때문에 BALL BEARING 작용을 FLY ASH가 하고 잔골재 사이에 INTERLOCKING에 의한 저항성으로 초기에는 유동성을 주지만 후기에는 별로 주지 않는다.

▶ 응결시간

FLY ASH는 일반적으로 콘크리트의 응결시간을 지연시키지만 초결과 종결 시간은 KS 기준(초결 60분, 종결 10시간)내에 들며 FLY ASH 응결 시간 저하는 사용비율, 분말도, 화학성분, 외부온도 영향이 있다.

(2) 굳은 콘크리트의 특성

▶ 장기강도

콘크리트 압축강도는 W/C에 좌우 되는데 재령에 따른 강도 변화는 시멘트의 투입량에 따라 달라지거나 일반적으로 중량콘크리트에서 FLY ASH를 첨가한 콘크리트는 초기강도는 낮으나 장기강도는 같거나 높으며 재령 2~6개월 강도는 높다.

댐 콘크리트나 도로포장에는 FLY ASH를 사용할 때 문제점이 없이 효과적이다.

▶ 단위중량

콘크리트 단위중량은 FLY ASH를 첨가하여 사용할 때 FLY ASH의 비중은 2.2~2.5이고 시멘트 비중이 3.13~3.15 이므로 FLY ASH

량에 따라 단위중량이 약간 차이가 있다.

▶ 수화열

콘크리트 일부에 시멘트 대용으로 FLY ASH를 일정 비율로 배합하여 사용할 때 FLY ASH를 사용한 양만큼 시멘트량은 줄어서 콘크리트 반응 온도는 낮아지며 자연적으로 FLY ASH의 포졸란 반응의 흡열 반응으로 FLY ASH의 총 발열량은 시멘트의 5%로 알려져 있다.

▶ 동결 용해 저항성

FLY ASH 콘크리트는 단위 수량이 감소되어 동결 용해 저항성이 증가되고 안정성이 좋은 골재를 사용할 때 동결 용해 저항성은 큰 장점으로 나타났다.

2. 3. 3 FLY ASH 콘크리트의 장 단점 비교

장 점	단 점
<p>1. 작업성 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> • 워커빌리티 개선 (작업의 난이정도) • FLY ASH 성분중 미량의 CABON 함량이 적으면 워커빌리티가 향상되고 단위 수량이 적어지며 강도증진과 품질 개선 효과가 있다. • 모래 조립율이 클수록 효과가 큼. • 표면처리가 곱고 윤택이 남. • 블리이딩 및 레이탄스 현상 감소. • 수화열 감소로 인한 MASS 콘크리트에 유리함. <p>2. 장기강도의 향상</p> <ul style="list-style-type: none"> • POZZALAN 반응에 의한 시멘트 경화시 • GLASS형상 및 MULLITE 광물 조성으로 장기 강도 증대 28일 것점으로 강도 증진. • 인장강도가 현저하게 증진. <p>3. 내구성 향상</p> <ul style="list-style-type: none"> • 작업성 향상으로 균일한 콘크리트 조작. • 장기적으로 POZZALAN 반응으로 중성화. <p>4. 마모 저항성 향상</p> <p>5. 냉동 용해 저항성 향상</p> <p>6. 건조 수축을 향상</p> <p>7. 응결지연 효과</p> <p>8. 크랙 방지</p>	<p>1. FLY ASH 품질 그대로 콘크리트 품질에 영향을 줌.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 미열 CORBON 성분 최소선택 • IG-LOSS (강열감량) 최소선택 • COLORIE 성분 최소선택 • 알카리 성분 최소선택 • 분말도 일정한 FLY ASH 사용 <p>2. 초기강도가 떨어짐.</p> <ul style="list-style-type: none"> • PLAIN CONCRETE에 비해 28일 이전 강도가 낮음. • 양생시 외기 온도에 영향이 큼. • 보온 시설이 필요함. <p>3. QC실의 관리 철저.</p> <ul style="list-style-type: none"> • FLY ASH 품질관리 철저. • 계절적 배합비 관리. • AE 감수제 관리(공기량)

3. 응용 연구 시험

3. 1 성분 시험

3. 1. 1 서천 무연탄 FLY ASH

구 분	주성분 합	MgO	CaO	습 기	Cal/g	분말도	lg-Loss	비 고
KS 기준	70% ↑	5.0% ↓	—	1.0% ↓	—	25.0 ↓	5.0 ↓	
1차 시험	95.7	1.66	1.88	0.25	484	32.5	4.3	
2차 시험	93.4	0.94	1.25	0.06	265	29.8	5.82	

*** 고 찰**

1. 주 성분의 합 = $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3$ (%)
2. 분말도는 44 μm 통가율이 높다.
3. lg-Loss 및 Calori가 적은 것이 양호하다.
4. 분말도가 높아야 강도 발현이 양호하다.

3. 1. 2 보령산 유연탄 KS 품 FLY ASH

구 분	주성분 합	MgO	CaO	습 기	Alkali	분말도	lg-Loss	비 고
KS 기준	70% ↑	5.0% ↓	—	1.0% ↓	1.5 ↓	25.0 ↓	5.0 ↓	
1차 시험	96.16	1.49	0.17	0.27	0.30	12.7	4.55	
2차 시험	89.02	0.28	0.08	0.17	0.34	16.2	3.99	
3차 시험	98.48	0.60	0.23	0.02	0.30	12.3	1.40	
4차 시험	98.58	1.21	0.24	0.16	0.28	4.9	2.46	

*** 고 찰**

1. 화학적 주성분의 합이 크면 클수록 좋다.
2. lg-Loss가 적은 것이 완전 연소되어 품질이 우수하다.
3. 분말도가 낮은 보령산이 높다.

3. 1. 3 AE 감수제 선택

1. 보통 콘크리트에 사용하는 이건설업(주) AD-50 AE 감수제, 표준형을 사용함.

품 명	주성분	색 상	비 중	PH	사용량	비 고
AD-50	리그닌계설펜산	흑갈색	1.152	7.6	Cx0.2%	AE 감수제 표준형

3. 1. 4 사용재료의 품질

- (1) 시멘트

산 지	종 류	비 중	분말도	초 결	중 결	물 탈 압 축 강 도			비 고
						3일	7일	28일	
동 양 KS 품	보통포틀랜드 1종 A급	3-3.2	2800 ↑	60분 ↑	10hr ↓	130 ↑	200 ↑	290 ↑	
		3.15	3250	288 분	6.20	208	282	339	

산 지	종 류	비 중	분말도	초 결	중 결	물 탈 압 축 강 도			비 고
						3일	7일	28일	
한 라 KS 품	보통포틀랜드 1종 A급	3-3.2	2800 ↑	60분 ↑	10hr ↓	130 ↑	200 ↑	290 ↑	
		3.15	3325	273분	6.15	205	279	331	

산 지	종 류	비 중	분말도	초 결	중 결	물 탈 압 축 강 도			비 고
						3일	7일	28일	
현 대 KS 품	보통포틀랜드 1종 A급	3-3.2	2800 ↑	60분 ↑	10hr ↓	130 ↑	200 ↑	290 ↑	
		3.14	3280	281분	6.28	211	294	343	

(2) 굵은 골재

산 지	종 류	비 중	흡수율	안정성	마 모	실적율	조립율	씻기손실	비 고
비 봉 (서우)	25mm 쇠석	2.55 ↑	3.0 ↓	12.0 ↓	40.0 ↓	55.0 ↑	6.6-7.2	1.0 ↓	
		2.62	0.95	4.2	27.2	68.0	6.84	0.05	

산 지	종 류	비 중	흡수율	안정성	마 모	실적율	조립율	씻기손실	비 고
비 봉 (원우)	25mm 쇠석	2.55 ↑	3.0 ↓	12.0 ↑	40.0 ↑	55.0 ↓	6.6-7.2	1.0 ↓	
		2.63	0.84	4.8	25.8	68.9	6.91	0.04	

산 지	종 류	비 중	흡수율	안정성	마 모	실적율	조립율	씻기손실	비 고
안 양 (태원)	25mm 쇠석	2.55 ↑	3.0 ↓	12.0 ↓	40.0 ↓	55.0 ↑	6.6-7.2	1.0 ↓	
		2.61	1.58	5.68	31.2	62.5	6.74	0.16	

(3) 잔골재

산 지	종 류	비 중	흡수율 (%)	안정성 (%)	염분도 (%)	불순물	조립율	씻기손실 (%)	비 고
인 천 (금단)	잔골재 (세척사)	2.50 ↑	2.0 ↓	10.0 ↓	0.04 ↓	표준색 ↓	2.3-3.1	3.0 ↓	
		2.58	0.56	2.35	0.008	표준색 ↓	2.97	0.1	

산 지	종 류	비 중	흡수율 (%)	안정성 (%)	염분도 (%)	불순물	조립율	씻기손실 (%)	비 고
인 천 (한일)	잔골재 (세척사)	2.50 ↑	2.0 ↓	10.0 ↓	0.04 ↓	표준색 ↓	2.3-3.1	3.0 ↓	
		2.59	0.64	2.84	0.013	표준색 ↓	2.97	0.1	

산 지	종 류	비 중	흡수율 (%)	안정성 (%)	염분도 (%)	불순물	조립율	씻기손실 (%)	비 고
인 천 (영창)	잔골재 (세척사)	2.50 ↑	2.0 ↓	10.0 ↓	0.04 ↓	표준색 ↓	2.3-3.1	3.0 ↓	
		2.58	0.55	3.10	0.016	표준색 ↓	2.95	0.1	

3. 2 시험배합

3. 2. 1 유연탄 FLY ASH 시험배합

- (1) 시험일자 : 1993. 3. 24~1993. 6. 15
- (2) 규 격 : 25-180-10 (1992년도 규격별 생산량 비율 39.6% 생산)
25-210-12 (1992년도 규격별 생산량 비율 24.7% 생산)
- (3) 목 적 : 유연탄 FLY ASH를 시멘트 중량의 3%, 5%, 7%, 10%로 대체 배가시험 실시 후 공기량 시험, 슬럼프 시험, 압축강도 시험을 하여 적정 투입량을 선택하고 콘크리트 품질 향상 및 원가절감을 주 목적으로 함.
- (4) 배합비

규 격	W/C (%)	S/A (%)	배합강도 kg/cm ²	단위재료량(kg/m ³)					총중량 kg/m ³
				W	C	S	G	AD	
25-180-10	58.5	44.5	229	174	297	795	1007	0.59	2275
25-210-12	52.6	44.0	267	176	335	769	994	0.67	2277

(5) 시험결과

규 격	시험일자	SLUMP	공기량	C1/C2		7일	28일	비 율	비 고
25-180-10	93.3.24	9.8	4.4	P	297/0	162	205	100.0%	
		10.2	4.3	3%	288/9	164	211	102.9%	↑ 2.9
		10.0	3.9	5%	282/15	165	208	101.4%	↑ 1.4
		9.6	3.8	7%	276/21	163	212	103.4%	↑ 3.4
		9.8	3.5	10%	266/30	160	191	93.1%	↓ 6.9
25-180-10	93.4.6	10.2	4.3	P	297/0	165	216	100.0%	
		10.0	4.3	3%	288/9	166	223	103.2%	↑ 3.2
		10.4	4.2	5%	282/15	168	220	101.8%	↑ 1.8
		10.1	4.0	7%	276/21	162	224	103.7%	↑ 3.7
		9.8	3.6	10%	266/30	160	210	97.2%	↓ 2.8
25-180-10	93.4.16	10.5	4.2	P	297/0	164	204	100.0%	
		10.2	4.3	3%	288/9	166	219	107.3%	↑ 7.3
		10.2	4.2	5%	282/15	160	212	103.9%	↑ 3.9
		9.6	4.0	7%	276/21	156	217	106.3%	↑ 6.3
		10.6	3.6	10%	266/30	150	188	92.1%	↓ 7.9

규격	시험일자	SLUMP	공기량	C1/C2	7일	28일	비율	비고	
25-210-12	93.4.27	12.3	4.5	P	335/0	189	246	100.0%	
		12.1	4.3	3%	325/10	192	254	103.2%	↑ 3.2
		12.0	3.8	5%	318/17	190	250	101.6%	↑ 1.6
		11.8	3.6	7%	312/21	188	253	102.8%	↑ 2.8
		12.2	3.5	10%	301/34	174	226	91.8%	↓ 8.2
25-210-12	93.5.11	12.3	4.4	P	335/0	194	259	100.0%	
		12.0	4.3	3%	325/10	191	268	103.4%	↑ 3.4
		11.8	4.0	5%	318/17	192	262	101.1%	↑ 1.1
		12.2	4.0	7%	312/21	187	265	102.3%	↑ 2.3
		12.0	3.8	10%	301/34	174	239	92.2%	↓ 7.8
25-210-12	93.5.14	12.5	4.2	P	335/0	196	255	100.0%	
		12.0	4.3	3%	325/10	195	260	101.9%	↑ 1.9
		11.8	3.9	5%	312/17	193	271	106.2%	↑ 6.2
		12.4	3.9	7%	312/21	192	272	106.6%	↑ 6.6
		12.0	3.6	10%	301/34	178	238	93.3%	↓ 6.7

3. 2. 2 시험 결과에 대한 의견

FLY ASH 첨가량이 높을수록 초기강도가 저하되며 28일에서 효율적인 품질개선과 경제적 타당성을 검토한 결과 7%첨가량이 가장 우수하며 초기 강도 저하시 거푸집 해체때 문제점이 있기에 이를 고려하여 초기강도를 감안하고 콘크리트 워커빌리티를 볼때 시멘트량의 7% 대체 사용이 가장 효과적으로 판명 되었고, 다만 품질 향상측면에서 고성능 AE 감수제 (C×0.3%) 를 사용한다면 10%까지 증대시켜 사용해도 초기강도의 문제점을 해소 할 수 있다고 판명됨.

제 4 장 종합적인 의견 및 고찰

4. 1 FLY ASH의 수입검사

특히 FLY ASH에 대해 품질 변동이 큰 Ig-Loss 측정을 철저히 하여 AE 감수제 사용시 이를 공기량 변동에 반영 시켜야 하며 분말도 시험을 하여 콘크리트 워커빌리티 개선에도 관심을

가져야 한다.

4. 2 제조설비(별첨 1)

4. 2. 1 FLY ASH SILO

최소 2일 사용량의 재고량을 확보할 수 있는 저장 SILO (150-200톤)보유.

4. 2. 2 단독 계량기

기존 설비된 시멘트 계량기에 누적 계량 SYSTEM으로 된 계량장치는 사용 불가능 하며 별도 단독 저장빈 및 계량기 (200kg~0.2kg)를 설치하여 계량 정도를 관리하고 있어야 하며 재료계량오차 범위 사용량의 ±2% 이내에서 유지 관리할 수 있어야 한다. 단독 계량기 설치 금액은 1호기당 1,500~2,000만원 소요됨.

4. 2. 3 조작 판넬 개조

별도 계량 BAR 그래프가 나타나며 재료계량 기록일지 (Super Print)에 기록 유지가 되어야 한다.

4. 3 검사설비

4. 3. 1 전기로

최고 1200°C 온도까지 달하는 전기로 보유.

4. 3. 2 화학천평

전자 저울이나 화학천평 (1/1,000g~250g) 보유.

4. 3. 3 표준체

44 μ m, 88 μ m 표준체 보유.

4. 4 FLY ASH 사용시 콘크리트 화학 혼화제 선정

4. 4. 1 보통 콘크리트에 사용되는 AE 감수제 표준형 공기량의 수입검사 기준치 (기준 콘크리트 공기량 + 3% \pm 0.5%)에 +0.5 쪽으로 관리를 하여 AE제 양을 약간 증가 시켜 사용하는 것이 좋다.

4. 4. 2 초기강도를 증진시킬 수 있는 고성능 AE 감수제 사용이 유리하다.

4. 4. 3 FLY ASH의 품질 변동에 따라 AE 감수제 사용량을 증감시켜 사용하여야 한다.

4. 5 온도 변화에 따라 FLY ASH용 콘크리트의 변동이 큼에 따라 계절적 배합비를 사용하여야 한다.

4. 6 호칭강도 180kg f/cm² 이하 강도는 온도 영향을 많이 받으므로 동절기에는 사용을 금지 해야되며 고강도 배합도 사용량을 줄여 사용해야 한다.

제 5 장 결 론

5. 1 FLY ASH의 화학적성분 및 물리적성분을 검토한 결과 보령발전소에서 생산되는 FLY ASH가 품질이 우수하며 싸이크론에 의한 정제시설로 AIR SEPARATE를 함으로 Ig-Loss가 안정되어 있으며 습기가 없고 입자가 가늘고 균등하여 워커빌리티 개선에도 좋은 잇점이 있다.

5. 2 물리적 시험결과 외부 자료나 문헌 및 자체 시험 결과에 의하면 FLY ASH는 외기 온도의 영향에 따라 양생조건 및 응결시간이 달라질수 있으며 초기강도 발현에 많은 영향을 미치므로 다음과 같은 호칭강도 210 kg f/cm²을 기준으로 하여 사용량을 선택하였다.

외기온도에 의한 FLY ASH 사용량

외기 온도 (°C)	사 용 량 (%)
20 이상일때	7 - 10
10 - 20	5 - 7
5 - 10	3 - 5

5. 3 FLY ASH 첨가 효과는 잔골재의 조립율 (F.M)과 밀접한 관계가 있으므로 일반적으로 세사 보다는 조립율이 2.95 이상 입도가 굵은 왕사를 사용하면 강도증진 효과가 크며 잔골재 조건에 따라 배합량을 달리 할 수 있으며 이를 현장배합으로 사용하여 배합설계를 하는것이 유리하다.

5. 4 FLY ASH 콘크리트는 수화열이 적고 응결시간이 지연되므로 헤어 크랙이나 균열이 생기기 쉬운 건조한 날씨에 사용함으로써 품질관리 개선에 큰 효과를 낼 수 있다.

5. 5 FLY ASH 콘크리트에 사용되는 AE감수제나 유동화제는 미연소탄과 관련이 있으므로 공기량과 슬럼프 손실을 시간 경과에 따라 맞추어 현장에 적용하는 것이 올바르다.
5. 6 당사에서 FLY ASH의 물리적 화학적인 시험을 한 결과 시멘트 사용 증량의 비율을 회사규격에 원부재료 규격 및 수입검사 규격을 제정하고 철저한 수입검사 및 품질관리로 향상된 제품을 제조 공급하여 소비자 만족도를 충족시킬 수 있도록 만전을 기할 것이며, 특히 계절적 배합비를 반영시켜 굳지 않는 좋은 콘크리트를 제조할 수 있도록 더욱더 노력해야 될 것이다.

[參 考 文 獻]

1. 국내 FLY ASH 콘크리트의 특성 및 이용전망, 레미콘 1989. 3 통권 제 19호
2. FLY ASH 콘크리트의 脆弱性 개선 방안에 관한 고찰, 레미콘 1989. 6 통권 제 20호.
3. 플라이애쉬 및 플라이애쉬 콘크리트의 제반 특성 및 이용, 콘크리트 학회지 Vol No 3 1991. 9
4. 오병환, 고재균, “플라이 애쉬 콘크리트의 강도 및 역학적 특성에 관한 연구”, 콘크리트 학회지, 제 3권 2호, 1991. 6
5. 문한영, 김기형, 김성주, “염용액에 침지한 콘크리트의 열화에 대한 연구”, 한국콘크리트 학회 학술발표는 논문집, 제1권 1호, 1989. 11.
6. Aitcin, P.C., “Comparative Study of the Cementitious Properties of Different Fly Ashes”, ACI SP91-4, 1986.
7. Swamy, R.N., “Early Strength Fly Ash Concrete for Structural Applications”, ACI Journal, Sep-Oct. 1983.
8. 한국건설기술연구원, 콘크리트 혼화제로서의 석탄회 이용방안 연구, 제 4, 5분기 보고서, 1988. 6.
9. ACI Committee 226, Use of Fly Ash in Concrete. ACI Materials Journal, Vol. 84, No. 5 pp. 381-409.
10. T.D. Larson, “Air Entertainment and Durability Aspects of Fly Ash Concrete”, Proceedings, ASTM, 64, 1964.
11. Interational Symposium the Use of PEA in Concrete, 14-16 April 1982.
12. 電力土木技術協會(社), 石炭灰의 有効利用 特集號, 電力土木, No.204, 1986.9.
13. 田中弘文, 石炭灰有効利用의 最近의 狀況, 化學と工業, 第37卷, 第12號, 1984.