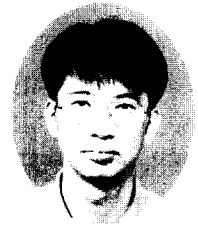


열병합발전소 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 현장적용에 관한 연구

A Study on the Application in Site of the Concrete Using Fly
Ash Produced in Combined Heat Power Plant



김 무 한*
Kim, Moo-Han



이 상 수**
Lee, Sang-Soo

ABSTRACT

This study dealt with the applicability and quality control of the concrete using fly ash produced in combined heat power plant in a construction site. Firstly, chemical and physical characteristics of the fly ash produced in combined heat power plant are analysed. Also, after investigating the properties of fresh and hardened concrete through various experiments, the fly ash concrete was placed in depositing construction in Ulsan Petrochemical Service Co. This field application was focussed on the quality control system in the site such as production, placing and curing of concrete.

As the result of this study, the quantity of CaO in the fly ash is relatively high based on the chemical analysis. The fly ash concrete showed slumping maintenance and high viscosity properties in the optimal mixing conditions(W/B:44~45%, S/a:45±2%, W:185kg/m). And, quality control and assurance of the fly ash concrete in actual site were verified by various testing methods.

Keywords : the quality control, the viscosity, the optimal mixing condition

* 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 정회원, 충남대학교 건축공학과 대학원

• 본 논문에 대한 토의를 2000년 2월 29일까지 학회로
보내주시면 2000년 4월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

1.1 연구배경

최근 전력수요가 증가함에 따라 발전소의 건설이 가속화되고 있지만, Green Round에 따른 화력발전소 설비의 제약, 원자력발전소의 건설용지 확보 문제로 인하여 열병합발전소의 신설 및 증설이 증대되고 있는 실정이다. 열병합발전소는 발전효율의 개선 및 환경오염의 저감을 목적으로 하는 발전소로 향후 환경보전의 관점에서 발전소의 주류를 이룰 것이다. 따라서, 열병합발전소에서 생성되는 플라이애쉬의 발생량은 계속적으로 증가할 것으로 예상되며, 이에 대한 유효이용방법을 개발하는 것이 큰 과제로 대두되고 있다.^{1),2),3),4)}

특히, 통상산업부에서 제정한 “자원절약과 재활용 촉진에 관한 법률(제9조)”에 따르면, 산업부산물의 연도별 재활용율을 명문화하여 이를 정책적으로 권장하고 있기 때문에, 산업부산물이 배출되는 관련분야에서는 이에 대한 처리 및 재활용 방안을 모색해야 하는 실정이다. 현재 국내에서 생성되는 화력발전소 플라이애쉬는 ASTM규준에 따라 분류하면⁵⁾ F급에 속하며, KS규준도 F급 플라이애쉬의 품질성능을 규정하고 있다. 그러나, 열병합발전소에서 생성되는 플라이애쉬는 C급 플라이애쉬와 유사한 품질을 갖고 있는 것이 특징이라 할 수 있다.

본 연구에서는 울산석유화학공단내에 있는 열병합발전소(울산석유화학지원(주))에서 생성되는 산업부산물인 플라이애쉬를 건설산업에 활용하기 위한 방안을 그동안 다각적으로 검토하여 왔다.

특히, 울산 열병합발전소에서 생성되는 플라이애쉬는 일반 화력발전소의 플라이애쉬에 나타나는 포졸란(Pozzolan) 반응성뿐만 아니라 잠재수경성을 갖고 있기 때문에, 이를 콘크리트 재료로 실용화하기 위한 방안을 검토하였다.

따라서, 열병합발전소에서 생성되는 플라이애쉬의 특성 및 모르타에서의 특성에 대하여 알아보았으며, 실내실험에서의 콘크리트 품질특성을 검증한 후 현장적용을 통해 실용화 방안을 제시하고자 하였다.

1.2 연구목적 및 범위

본 연구의 목적은 울산석유화학 단지내 열병합발전소에서 생성되는 플라이애쉬를 사용한 콘크리트에 대해 실내실험에서 도출된 최적조합조건을 대상으로 전반적인 콘크리트의 특성에 대하여 검토한 후, 현장시공 및 품질관리를 실시하고, 이를 통해 콘크리트 재료로써 현장 실용화의 가능성을 검증하기 위한 것이다. 따라서, 현장에서 실제 사용되는 재료를 대상으로 실내실험 및 레미콘 플랜트의 수정배합을 실시하였으며, 콘크리트의 제조·운반·타설 등의 품질관리 결과를 토대로 현장 구조물에 적용하여 실용화 방안을 제시하고자 한다.

열병합발전소 플라이애쉬 콘크리트의 실용화를 위한 세부사항은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 실내실험 및 현장실험의 최적조합비 선정
- (2) 레미콘 플랜트의 제조 및 생산설비 시스템에 대한 적합성 검증
- (3) 레미콘 플랜트에서 현장까지의 경시변화 특성 및 타설·다짐·가압 등과 같은 품질관리 방안검토
- (4) 열병합발전소 플라이애쉬 콘크리트의 실용화방안 제시

2. 실험개요

2.1 실험계획

울산 열병합발전소 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 현장적용성을 검증하기 위한 일련의 실험계획은 Table 1과 같다.

Table 1 Experimental program

Item	Evaluation contents
Laboratory experimentation	<ul style="list-style-type: none"> - Properties of fly ash <ul style="list-style-type: none"> · Chemical and physical · Shape and color, soundness · Unit water content/strength ratio - Fresh concrete <ul style="list-style-type: none"> · Slump and air content - Hardened concrete <ul style="list-style-type: none"> · Compressive strength
Site experimentation	<ul style="list-style-type: none"> - Fresh concrete <ul style="list-style-type: none"> · Slump · Air content - Hardened concrete <ul style="list-style-type: none"> · Compressive strength - Quality control of concrete

2.2 사용재료의 특성

열병합발전소 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 제조를 위해 사용된 재료는 현장적용시 레미콘을 공급할 S레미콘 울산공장에서 사용하는 것을 기본으로 하였다.

사용된 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트(Type I)이며, 잔골재는 혼합모래, 굵은골재는 함월석산의 25mm 쇄석을 사용하였다.⁵⁾ 골재의 품질시험결과는 Table 2와 같으며, 대부분 KS규준을 만족하고 있다. 또한, 고성능 감수제는 J사의 나프탈렌계를 사용하였다.

Table 2 Test results of the aggregate

Types	Fine aggregate	KS F 2526	Coarse aggregate	KS F 2526
Specific gravity	2.61	≥2.5	2.72	≥2.5
F.M.	2.59	-	6.70	-
Abrasion(%)	-	-	7.04	≤40
Absorption(%)	0.92	≤3.0	0.51	≤3.0
Unit weight(kg/m ³)	1.665	-	1.536	≥1.250
Bulk density(%)	64	≥60	57	≥57

2.3 조합조건 및 변수

열병합발전소 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 실내시험 조합조건 및 변수는 Table 3과 같다.

Table 3 Mixing conditions and variables

W/B (%)	S/a (%)	W (kg/m ³)	Fly ash (%)	SPA (B×%)	Target slump
40~53	45~47	180~190	30	1.0~1.8	18±2.5cm

2.4 조합강도 산정

콘크리트의 조합강도는 건축공사표준시방서(KASS 5)에서 제시한 다음식으로 산정하였다.

KASS 5 설계식 (단위 : kgf/cm²)

$$F \geq 0.9 \cdot (F_c + T) + 3 \cdot \sigma$$

$$F \geq F_c + T + 2 \cdot \sigma$$

여기서, F 는 조합강도, F_c 는 설계기준강도, T 는 온도보정강도, σ 는 표준편차를 의미한다. 본 연구

에서 현장적용을 위한 콘크리트의 설계기준강도는 210kgf/cm²로 조합강도를 선정하기 위한 표준편차는 KASS 5에서 제시한 35kgf/cm²로 하였다. 따라서, 설계기준강도에 따른 조합강도는 300kgf/cm²이상을 목표로 하였다.

3. 실내실험 결과 및 분석

3.1 열병합 플라이애쉬 특성실험결과 및 분석

3.1.1 화학적 특성시험

Table 4에서 보듯이 열병합발전소 플라이애쉬는 Pozzolan 반응성 광물인 SiO₂ 및 Al₂O₃의 함량이 화력발전소 플라이애쉬(KS L 5405 규준)보다 낮으나, CaO의 함량은 높게 측정되었다.

Table 4 Chemical properties of fly ash

Types	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
CHPP Fly Ash	40.4	15.2	8.12	26.5	1.19	0.29	0.81	5.17
	63.72							
TPP Fly Ash	54.1	27.5	7.6	3.66	1.05	0.52	-	0.13
	89							
KS L 5405 (F class)	Min. 70			Max.5	Max.1.5	-	Max.5	
ASTM C 618 (C class)	Min. 50			-	-	Max.1.5	-	Max.5

* CHPP : Combined Heat Power Plant

TPP : Thermal Power Plant

이러한 결과는 Fig. 1의 X선 회절분석결과에서 보듯이 SiO₂ 및 CaO의 피크강도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 일반적으로, 화력발전소 플라이애

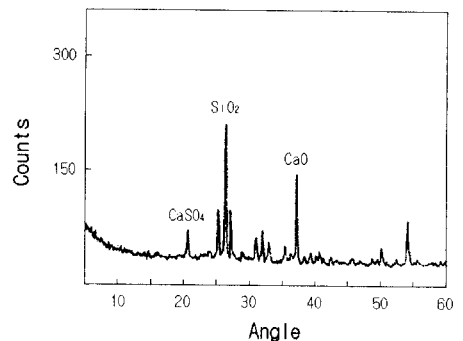


Fig. 1 Analysis of X-ray fluorescent

쉬는 SiO₂가 많고 CaO가 5% 이하로 적기 때문에 자경성이 없는 것에 반해, 열병합발전소 플라이애쉬는 CaO가 15~30%로 많고 SiO₂가 상대적으로 적기 때문에 시멘트와 유사한 수경성을 나타내는 동시에 Pozzolan 반응성을 띠고 있다.⁶⁾

3.1.2 물리적 특성시험

Table 5에서 보듯이 열병합발전소 플라이애쉬는 분말도가 다소 낮으며, 강열감량이 약간 높은 것으로 나타났다.

Table 5 Physical properties of fly ash

Types	Specific gravity	Blaine (cm/g)	Moisture content (%)	Loss on ignition (%)
CHPP Fly Ash	2.62	3.073	0.58	4.67
TPP Fly Ash	2.18	3.701	0.13	3.57
KS L 5405 (F class)	Min. 1.95	Min. 2.400	Max. 1.0	Max. 6.0
ASTM C 618 (C class)	-	Retained on 45µm Max. 34%	Max. 3.0	Max. 6.0

이는 연소온도가 화력발전소 플라이애쉬보다 상대적으로 낮기 때문인 것으로 사료된다.

3.1.3 입형 및 색상

열병합발전소 플라이애쉬 및 화력발전소 플라이애쉬의 입형은 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

열병합발전소 플라이애쉬는 화력발전소 플라이애쉬에 비해 불규칙한 입자의 형상을 띄고 있는데, 일반적으로 이러한 차이는 석탄의 연소온도에 의한 것으로 연소온도가 낮으면 강열감량이 증가하고 입형의 구형율이 낮다.

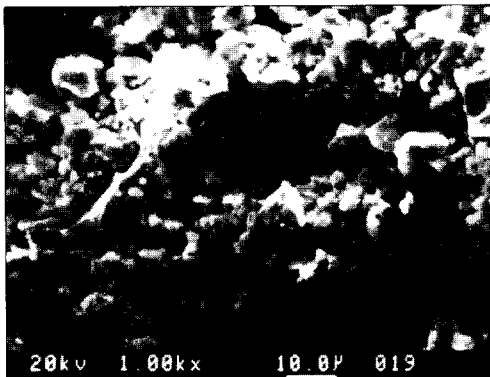


Fig. 2 Shape of CHPP Fly Ash

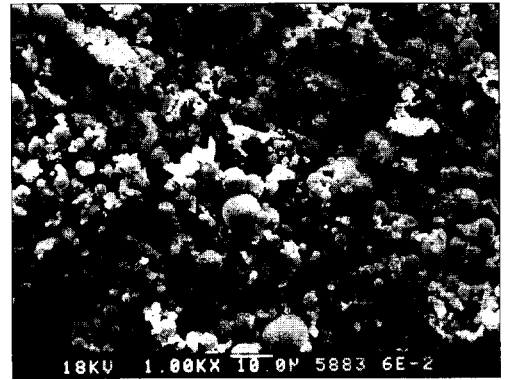


Fig. 3 Shape of TPP Fly Ash

화력발전소 플라이애쉬의 경우, 석탄의 연소온도가 1,200~1,500℃ 정도로 용융상태에서 플라이애쉬가 구형으로 생성되는 반면,⁶⁾ 열병합발전소 플라이애쉬의 경우에는 탈황반응을 촉진시키기 위하여 연소온도를 800~950℃ 범위로 조정하기 때문에, 플라이애쉬의 입형이 용융상태에 도달하지 못하고 생성되어 불규칙한 것으로 사료된다.

열병합발전소 플라이애쉬의 입도분포는 1~100 µm의 범위이며, 평균입경은 30~40µm로 시멘트의 입경과 유사하다. 색상은 화력발전소 플라이애쉬가 회색인데 비해 열병합발전소 플라이애쉬는 갈색에 가깝다. 이러한 차이는 화학성분 비율 및 연소온도의 차이로 사료된다.

3.1.4 오토클레이브에 의한 안정성시험

안정성 시험을 위한 조합조건 및 시험결과는 Table 6과 같다. 시험결과, 대부분의 시료에 대한 시험값은 KS규준치 이하를 만족하고 있다.

Table 6 Mixing condition and Result of test

Types	Weight (g)		Length increase (mm)	Soundness (%)	
	C	FA		Test results	Korea Standard
OPC	500	-	0.302	0.119	Max. 0.8
CHPP FA	350	150	0.299	0.118	Max. 0.5
TPP FA	350	150	0.323	0.127	

특히, 열병합발전소 플라이애쉬와 화력발전소 플라이애쉬를 각각 30%씩 혼입한 시료의 안정성 시험결과를 비교해 보면, 열병합발전소 플라이애쉬가

화력발전소보다 약간 낮은 안정도를 나타내고 있다. 열병합발전소 플라이애쉬가 강열감량 및 SO₃ 함량이 높기 때문에 오토클레이브 팽창에 따른 안정성이 불리할 것으로 예상하였으나, 오히려 화력발전소 플라이애쉬보다 우수한 것으로 나타났다. 따라서, 열병합발전소 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 팽창 및 균열에 대한 우려는 없을 것으로 판단된다.

3.1.5 모르터 특성시험

Table 7는 열병합발전소 및 화력발전소 플라이애쉬를 대상으로 KS규준에 따른 모르터 특성시험의 결과를 나타낸 것이다.

Table 7 Test Results of Mortar

Types	Unit weight(g)			Flow (cm)	Strength ratio(%)		Unit water (%)
	C	S	FA		7D	28D	
CHPP FA	382.5	1,250	127.5	14.8	85	113	105
TPP FA	382.5	1,250	127.5	15.0	75	95	98
KS L 5405	510	1,250	247	±5mm	-	Min.60	Max.102

* Unit water content

플라이애쉬의 종류에 따른 모르터의 특성시험 결과를 비교해 보면, 열병합발전소에서 생성된 플라이애쉬를 사용한 모르터의 단위수량비 및 압축강도비가 화력발전소 플라이애쉬에 비해 큰 것으로 측정되었다. 열병합발전소 플라이애쉬를 사용한 모르터의 압축강도비가 화력발전소 플라이애쉬에 비해 높게 측정된 것은 수경성 물질인 CaO 함유량이 높기 때문이며, 이로 인하여 초기 수화작용의 활성도가 증대된 것으로 사료된다.

그러나, 단위수량비는 KS의 플라이애쉬 규준에서 정한 102%보다 약간 높은 105%를 나타내었는데, 이는 열병합발전소 플라이애쉬가 상대적으로 불규칙한 입형을 갖고 있기 때문이며, 또한 강열감량에 따른 영향으로 사료된다.

3.2 콘크리트의 실내실험 결과 및 분석

레미콘 공장에서 사용하는 콘크리트 재료 및 본 연구에서 선정한 조합조건, 조합강도를 대상으로 실

내실험을 수행하였다. 실내실험의 경우, 주로 슬럼프, 공기량 및 조합강도 등과 같은 특성을 만족하는 범위에서 최적조합조건을 도출하기 위한 것으로 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

3.2.1 슬럼프 특성

Fig. 4는 플라이애쉬 치환율이 30%인 콘크리트의 경우, 목표 슬럼프(18±2.5cm)를 얻기위한 단위수량과 고성능 감수제의 첨가율을 나타낸 것이다.

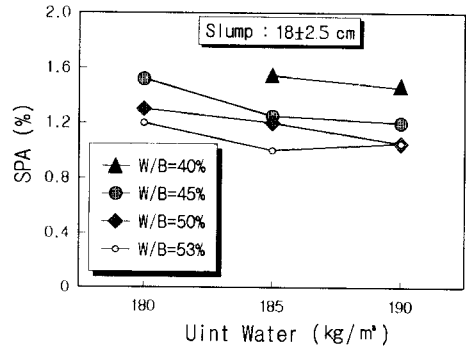


Fig. 4 Variation of addition ratio of SPA according to unit water content

실험결과, 물결합재비가 동일할 때 단위수량이 증가할수록 고성능 감수제의 첨가율은 감소하는 경향을 나타내고 있다. 특히, 열병합발전소의 플라이애쉬는 연소온도가 낮은 관계로 입자형상이 불규칙하기 때문에, 구형입자인 플라이애쉬에 비해 콘크리트의 유동성을 확보할 수 있는 방안이 필요하다. 따라서, 단위수량과 고성능 감수제의 첨가율을 선정할 때는 강도 및 경제성을 함께 고려하여 최적조합조건을 선정해야 하며, 플라이애쉬와 고성능 감수제의 적합성을 고려한 임계점을 만족하도록 해야 한다.

3.2.2 공기량 특성

Fig. 5는 물결합재비에 따른 공기량의 특성을 나타낸 것으로 목표 공기량(4.5±1.5%)을 확보하기 위하여 음이온계 AE제를 동일하게 결합재량의 0.1% 첨가하였다. 시험결과, 조합번수에 따른 공기량은 명확한 경향은 아니지만, 물결합재비가 증가할수록 단위수량에 따른 공기량 편차는 감소하는 것으로 나타났다. 이는 단위결합재량이 적게됨에 따라

AE제량을 감소시켜야함에도 불구하고 첨가율을 동일하게 사용하였기 때문에 나타난 현상으로 판단된다. 일반적으로 플라이애쉬를 사용한 콘크리트는 미연탄소의 흡착작용으로 공기량 확보가 어렵지만 열병합발전소 플라이애쉬의 경우, 화력발전소 플라이애쉬보다 2배정도 AE제를 첨가하므로써 공기량을 확보할 수 있었다.

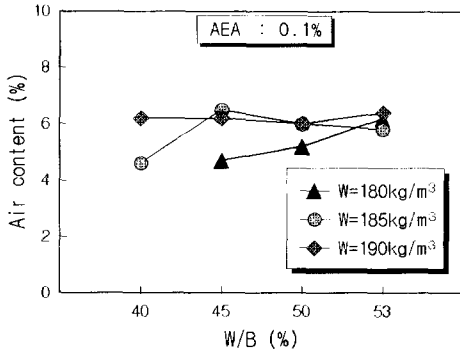


Fig. 5 Variation of air content according to W/B ratio

3.2.3 압축강도 특성

열병합발전소 플라이애쉬를 사용한 콘크리트는 유동성 및 재료분리 저항성이 우수하기 때문에 워커빌리티에는 문제가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 최적 조합조건은 현장에서 요구되는 설계기준강도 및 목표 강도를 만족하는 범위에서 선정하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 산업부산물의 재활용도에 따른 경제적인 효과를 극대화시키기 위하여 현재, 플라이애쉬 혼입율의 상한값인 30%를 선정한 후, 물결합재비와 단위수량에 따른 압축강도 특성을 검토하였다. Fig. 6~Fig. 8은 단위수량별 물결합재비에 따른 열병합발전소 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 압축강도 특성을 나타낸 것이다.

단위수량이 180kg/m³인 경우, 현장강도 관리선인 300kg/cm²를 만족하는 조합조건은 물결합재비 50%이하가 바람직하고 단위수량 185kg/m³인 경우에는 물결합재비 45%이하의 범위에서 현장강도 관리선을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나, 단위수량이 190kg/m³인 경우에는 현장강도 관리선을 만족하기 위해서 물결합재비를 40%이하로 선정해야 하는 것으로 나타났다.

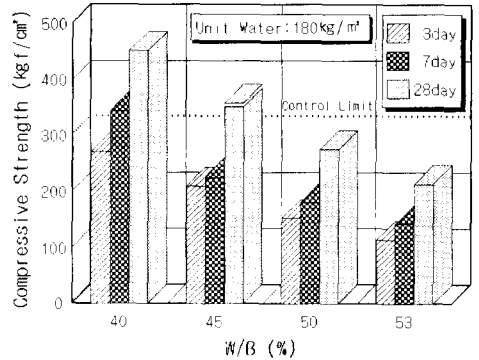


Fig. 6 Variation of strength according to W/B(W=180kg/m³)

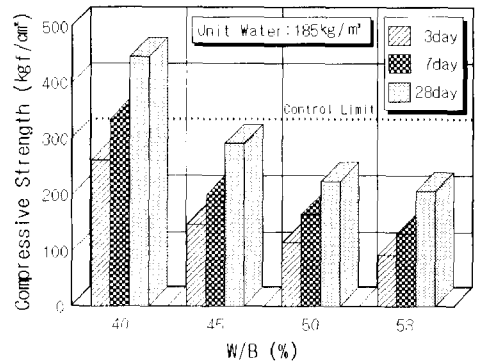


Fig. 7 Variation of strength according to W/B(W=185kg/m³)

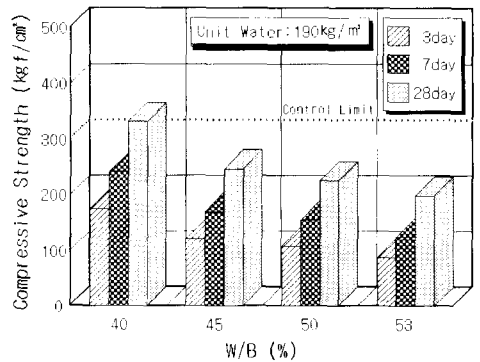


Fig. 8 Variation of strength according to W/B(W=190kg/m³)

이상의 결과를 고찰해 볼 때, 동일 물결합재비에 단위수량이 증가할수록 강도발현은 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 단위결합재량이 증대됨에 따라 발생하는 공극의 발생이 상대적으로 증가해서 나타난 결과로 사료된다.

따라서, 강도특성 및 고성능 감수제의 첨가량, 공기량, 경제성 등을 고려하여 열병합발전소 플라이애쉬를 시멘트 중량비로 30% 혼입한 콘크리트의 실내시험 최적조합조건은 물결합제비 45%, 단위수량 185kg/m³으로 선정하였다.

4. 현장적용시험 결과 및 분석

4.1 일반사항

레미콘 플랜트의 시험배합을 통해 선정된 최적조합조건으로 콘크리트의 제조·운반·타설·양생에 따른 품질관리 및 현장작용을 실시하였다.

현장 품질관리는 레미콘 출하시 및 현장 받아들이기 시점에서 슬럼프, 공기량, 콘크리트 온도를 중심으로 실시하였으며, 압축강도 측정용 공시체 및 코아강도 채취용 시험체를 제작하였다. 또한, 바닥 슬래브는 구조물 조건(경사구배 1/10)을 고려하여 미끄럼현상이 일어나지 않도록 품질관리에 유의하였으며, 벽체의 경우에는 1회 타설높이를 1m이하로 하고 상부 캔틸레버 부분의 침하균열에 유의하도록 하였다.

4.2 현장개요

콘크리트의 적용현장 개요는 Table 8과 같고, 현장 구조물의 단면도는 Fig. 9와 같다.

현장시공할 콘크리트의 물량은 126m³로 작업공정에 따라 2회로 나누어 타설하였다. 먼저, 바닥 슬래브를 타설한 후에 벽체의 철근배근 및 거푸집 작업

Table 8 Synopsis of site

Items	Content
Site name	Ulsan petrochemical service co.
Location of placing	Depositing reservoir of No.4 sludge
Application duration	1996. 9. 6. ~ 1996. 9. 21.
Structural type	Reinforced concrete structure
Design strength	210kgf/cm ² (mixing strength 300kgf/cm ²)
Client	Ulsan petrochemical service co.
Constructor	Kolon engineering co.

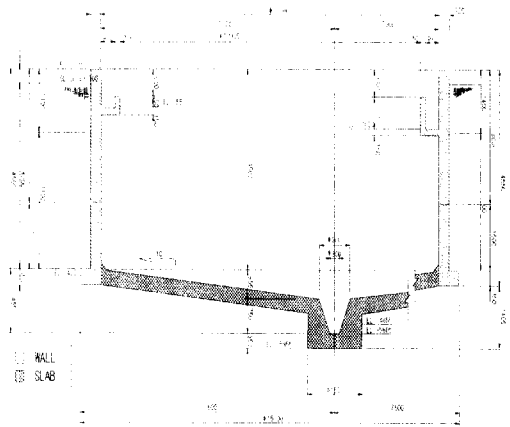


Fig. 9 Section of building

을 실시하고, 이어 벽체에 타설하도록 공정계획을 수정하였으며 후속공정은 타설후 7일째 시작하는 것으로 하였다.

4.3 콘크리트의 제조 및 운반

콘크리트의 제조는 일괄투입방법으로 1배치당 2m³씩 하였으며, 이 때의 비빔시간은 믹서의 부하가 일정하게 되는 40초로 하였다. 콘크리트를 제조하여 출하하기 전에 슬럼프 시험을 실시하였으며, 에지테이터 트럭에 6m³씩 적재하여 현장으로 운반하였다.

현장 받아들이기 지점에서의 품질관리 항목은 슬럼프, 공기량 및 콘크리트 온도 등이며, 시험빈도는 에지테이터 트럭 1대당 1회를 원칙으로 하였다. 또한, 강도측정용 공시체는 에지테이터 트럭 2대당 1회로 한 번에 9개를 제작하여 강도를 측정하였다.

4.4 콘크리트의 타설 및 양생

바닥 슬래브의 경우에는 시공조건이 중앙부를 중심으로 1/10 경사가 있었기 때문에, 목표 슬럼프값을 18±2.5cm로 할 경우에는 다짐진동에 따른 콘크리트의 미끄러짐(Sliding)현상이 발생하게 된다. 따라서, 목표 슬럼프값을 15±2.5cm로 조정 한 후에 타설하도록 관리하였다. 콘크리트의 압송시험결과, 펌프카에 소요되는 압송압은 평균 120kgf/cm²정도로 일반 콘크리트에 비해 약 10~20% 증가하였다. 즉, 열병합발전소의 플라이애쉬를 사용한 콘크리트

는 점성이 증대되기 때문에 재료분리 및 블리딩의 발생이 거의 없는 반면에 압송성 및 다짐성에 유의해야 한다. 또한, 슬래브의 경우에는 미끄럼 방지를 위해 타설후 경화전에 리템퍼링을 실시하였으며, 노출부위에 철저한 습윤양생을 실시하였다. 벽체의 타설은 3회에 걸쳐 타설높이 및 토출량을 조절하여 다짐작업을 원활히 할 수 있도록 하였다.

4.5 콘크리트의 현장적용 결과 및 분석

현장 목표슬럼프는 바닥 슬래브가 15 ± 2.5 cm, 벽체는 18 ± 2.5 cm로 관리하였으며, 공기량은 $4.5 \pm 1.5\%$ 로 하였다. 현장 적용결과를 분석하면 다음과 같다.

4.5.1 슬럼프 및 공기량 특성

Fig. 10은 바닥 슬래브에 타설한 콘크리트의 슬럼프 및 공기량 측정결과를 나타낸 것이며, Fig. 11은 벽체에 타설한 콘크리트의 결과이다.

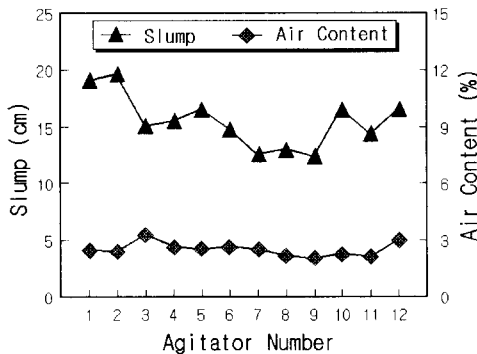


Fig. 10 Results of slump and air content(slab)

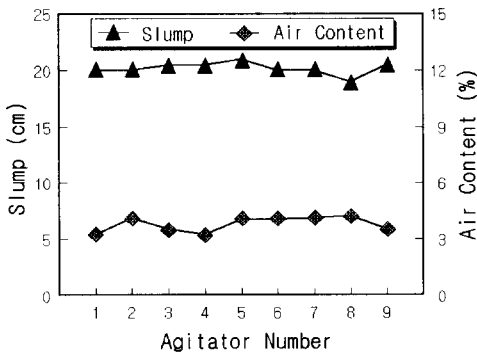


Fig. 11 Results of slump and air content(wall)

바닥 슬래브의 경우에는 경사에 따른 미끄럼현상을 방지하기 위해 슬럼프를 15 ± 2.5 cm로 조절하여 목표치에 만족하였지만, 공기량은 다소 낮은 값을 나타내었다. 따라서, 벽체의 경우에는 AE제량을 약간 상향조절해서 실시한 결과, 슬럼프와 공기량의 측정값이 관리목표를 만족하였다.

4.5.2 압축강도 특성

현장타설 콘크리트의 재령별 강도특성은 Fig. 12 및 Fig. 13과 같다.

바닥 슬래브에 타설한 콘크리트의 경우, 재령 28일 평균강도는 강도관리선보다 약간 낮은 285 kgf/cm^2 를 나타내었으며, 재령 7일에 강도발현은 204 kgf/cm^2 로 측정되었다. 한편, 강도관리선(300 kgf/cm^2)에 대한 7일 압축강도비가 68%로서 예상치인 70%보다 다소 저하하였기때문에, 벽체의 경우에는 플라이

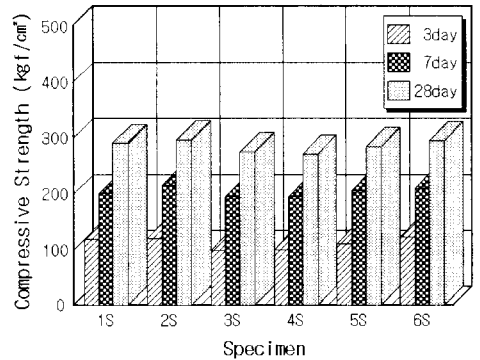


Fig. 12 Results of compressive strength development in according to ages(slab)

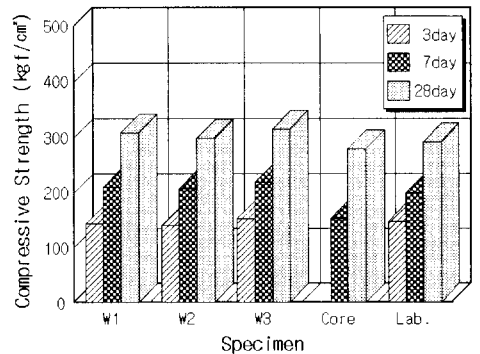


Fig. 13 Results of compressive strength development in according to ages(wall)

애쉬의 혼입율을 27%로 조정하였으며, 이에 따른 28일 평균강도는 307kgf/cm로 측정되었다. 또한, 코아강도는 압송전후에 관계없이 평균 279kgf/cm 정도로 나타나 설계기준강도를 만족하는 것으로 나타났다. 향후, 품질관리가 명확히 이루어 진다면, 설계 기준강도에 대한 불량율 및 안전계수를 감소시켜 더욱 경제적인 콘크리트의 생산이 가능할 것으로 기대된다.

5. 결 론

울산 열병합발전소의 플라이애쉬를 사용한 콘크리트에 대한 조합설계, 제조, 운반 및 타설 및 현장 적용을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 열병합발전소 플라이애쉬는 탈황반응으로 연소온도가 낮기 때문에 CaO 및 부수석고의 함량이 높다.
- (2) 열병합발전소 플라이애쉬는 입형이 불규칙하고 분말도가 낮기 때문에 품질을 개선할 수 있는 방안이 필요하다.
- (3) 열병합발전소 플라이애쉬의 경우, 모르타의 단위수량비는 약간 증가하였으나 압축강도비는 상당히 크게 나타났다.
- (4) 조합강도가 300kgf/cm인 콘크리트의 현장조합 조건은 불결함재비 44~45%, 잔골재율 45~2%, 단위수량 185kg/m 범위로 나타났다.
- (5) 콘크리트의 제조에 있어서 비빔시간은 일괄투입시 40초가 가장 적합하며, 운반시간에 따른 슬럼프 유지성능이 매우 우수하기 때문에 현장 품질관리를 대폭 개선할 수 있었다.

(6) 열병합발전소의 플라이애쉬를 사용한 콘크리트는 높은 슬럼프에도 재료분리 저항성 및 블리딩 저감으로 현장의 시공관리에 매우 효과적이었다.

참고문헌

1. 金武英 外., “플라이애쉬를 혼입한 재생골재 콘크리트의 시공성 및 공학적 특성에 관한 실험적 연구(제1보, 아직문지않은 콘크리트의 성상을 중심으로)”, 대한건축학회 논문집, 제10권, 제2호, pp.203~210, 1994.2
2. 金武英 外., “플라이애쉬를 혼입한 재생골재 콘크리트의 시공성 및 공학적 특성에 관한 실험적 연구(제2보, 경화 콘크리트의 성상을 중심으로)”, 대한건축학회 논문집, 제10권, 제11호, pp.315~322, 1994.11
3. 金武英 外., “플라이애쉬를 사용한 고강도 콘크리트의 시공성 및 공학적 특성에 관한 기초적 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제14권, 제1호, pp.579~584, 1994.4
4. Kim Moo Han et al., “A fundamental study on the effect of binder content on engineering properties of high strength flowing concrete”, Proceedings of the JCI, Vol 17, pp.1031~1036, 1995.6
5. Kim Moo Han et al., “An experimental study on the fluidity and evaluation high fluidity concrete according to the kinds of fine aggregate”, Proceedings of the JCI, Vol 19, pp.67~72, 1997.6
6. K. Wesche., “Fly Ash in Concrete”, Report of Technical Committee 67-FAB, RILEM, 1991

요 약

본 연구는 열병합발전소에서 생성되는 플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 현장적용성 및 현장품질관리에 대하여 다루었다. 먼저, 열병합발전소 플라이애쉬의 물리·화학적 특성에 대하여 분석하였다. 또한, 여러 시험을 통해서 굳지않은 콘크리트 및 경화콘크리트의 특성을 조사한 후, 플라이애쉬 콘크리트를 울산석유화학지원(주)의 침전조에 타설하였다. 이 현장적용은 콘크리트의 생산, 타설 및 양생처립 현장에서의 품질관리 시스템에 초점을 두었다.

본 연구결과, 열병합발전소 플라이애쉬는 탈황반응으로 연소가 낮기 때문에 CaO 및 부수석고의 함량이 높았으며, 입형이 불규칙하고 분말도가 낮기 때문에 입도조정 및 품질변동을 줄일 수 있는 방안이 필요하였다. 또한, 조합강도가 300kgf/cm인 콘크리트의 현장조합조건은 불/결함재비 44~45%, 잔골재율 45~2%, 단위수량 185kg/m 범위로 나타났다. 그리고 열병합발전소의 플라이애쉬를 사용한 콘크리트는 높은 슬럼프에도 재료분리 저항성 및 블리딩 저감으로 현장의 시공관리에 매우 효과적이었다.

(접수일자 : 1999. 5. 3)