Mortar의 Slump시험방법 및 중량법의 Mortar 공기량 시험방법에 의한 Fly Ash공기량 조절에 관한 연구

薛 榮 德
〈三표産業(株) 聖水洞工場 品質管理室〉

1. 실험의 개요

Fly Ash를 사용한 concrete는 내구성향상, 강도를 증대시키나 초기강도의 저하와 연행공기량의 관리가 곤란하다.

AE제 소요량과 concrete중의 공기량의 관계를 관리하기 위한 방법은 methlene blue 흡착방법, 감열감량에 의한 AE제량의 조절법등이 있으나 아직까지 우리나라에서 사용하기에는 보편화되어 있지않다.

본 시험방법은 concrete와 mortar의 공기량관계를 파악하여 이 관계를 기초로 Fly Ash의 품질이 변한 경우에 concrete의 AE제량을 mortar로써 간편하게 구하는 것이 가능한지를 시험하였다. 실험에 앞서 concrete의 정확한 공기량을 조사하기 위하여 Air Meter의 calibration을 실시하였다.

또 잔골재의 입도가 공기연행성에 영향을 주기때문에 잔골재의 체가름시험을 행하여 동일한 조립율의 잔골재를 사용하였다.

2. 사용재료

2-1 Cement

쌍용 cement의 보통 portland cement로 비중은 3.15.

2-2 Fly Ash

Fly Ash는 Ig-loss를 기준으로 表 1과 같이 上品, 中間品, 下品의 3종류로하고 비중은 2.30

表 1. Fly ash의 品質

Fly ash	ig. loss (%)	M. B. 吸着量 (mg/g)
上 品	5.42	1.00
中間品	6.25	1.13
下 品	7,49 7.	1.50

2-3 골 재

(1) 잔골재

한강미사리제품으로 비중 2.62이고 입도는

表 2와 그림 1과 같다.

表 2. 잔골재의 粒度分布

通過量 (%)							粗粒率 (F.M)
체의 크기 (mm)							
10	5	2.5	1.2	00.6	0.3	0.15	
100(%)	98.9	96.7	93.8	71.9	20.2	1.1	2.17

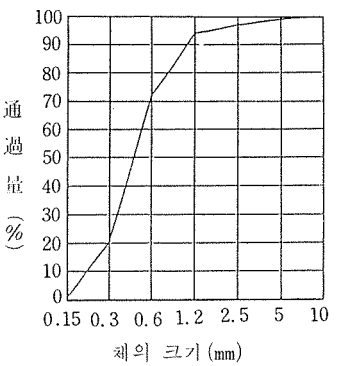

그림 1. 잔골재의 粒度曲線

(2)굵은골재

#57골재로 한강미사리제품, 자연골재와 부순돌을 1:1로 혼합한 것으로 입도는 表 3과 그림 2와 같다.

表 3. 굵은골재의 입도분포

통과량(%)					조립율 (F.M)
체의 크기 (mm)					
40	25	13	#4	#8	
100%	98.5%	41.5%	6.5%	1.4%	6.52

2-4 혼화제

AE 감수제표준형인 paric-SF를 사용하였고 SF AE-1은 Fly ash 무첨가시 concrete의 공기

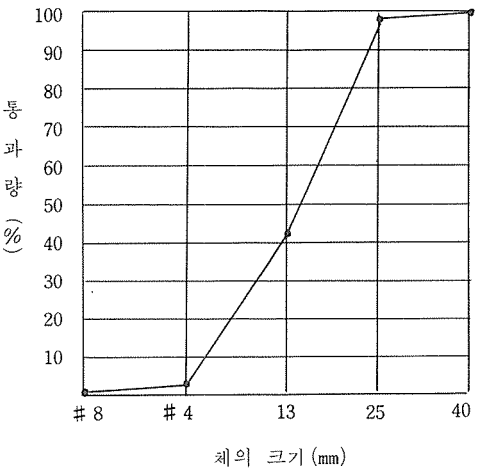

그림 2. 굵은골재의 입도곡선

량이 4.6%이었다. 이를 기준으로 AE제의 첨가량에 증가시켜 SF AE-2부터 AE- 11까지 구분하였다.

3. 시험기구

3-1 Mortar 혼합

a) 전동식 Mortar Mixer : 회전수저속 140±5rpm, 고속 285±10rpm(KSL 5109 수경성시멘트반죽 및 모르터의 기계적 혼합방법에 사용하는것)

b) Paddle

c) 혼합용기

d) Stop watch

3-2 Mortar의 slump 시험

a) Motar slump cone : 윗면안지름 50mm, 밑면안지름 100mm, 높이가 150mm의 강제로 내측은 시멘트풀에 침식되지 않는 금속제이어야만 한다.

b) 수밀성평판 : 가로 300mm, 세로 250mm, 두께 2~3mm 정도의 강제판 혹은 고무판

c) 다짐봉 : 직경 9mm, 길이 250mm의 환강으로 그 한쪽끝은 반구형으로 둥글게 되여 있어야 한다.

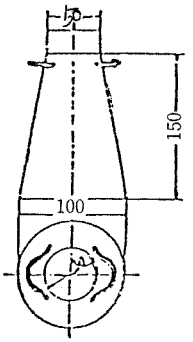

그림 3. Mortar Slump Cone

d) Mortar용 혼합숟갈

e) 시멘트칼

f) Towel등 헝겊

g) 검측자 : 0~13cm측정할 수 있는것

3-3 Mortar Flow시험

a) Flow Table : 수동식 혹은 전동식의 Flow Table (KSL 5111 시멘트 시험용 플로우 테이블)

b) Flow Cone : Cone의 상부안지름 69.8mm, Cone의 하부안지름 102mm, Cone의 높이 50mm

c) 다짐봉 : 직경 20mm, 높이 200mm, 중량 500g

d) 검측자 : Flow Table측정용자 0~300mm측정할 수 있는것.

3-4 Mortar의 공기량 시험기

a) 공기량측정용기 : 안지름 76mm, 높이 88mm의 원통 stainless제 용기 (용적 400mℓ)
(용적이 정확한 것이면 어떤 용기라도 가능)

b) 저울 : 1g~3kg

c) 다짐봉 : 직경 9mm, 높이 250mm의 환강으로 한쪽끝은 반구형일 것.

4. Mortar의 배합

기본적인 생각으로는 실제의 concrete 배합에서 조골재만을 제거한 Mortar배합에 시험용 Mortar배합을 맞춘다.

본 시험에서 사용한 Concrete의 배합이 表 4와 같을때 Mortar배합으로 환산하였을 때는 表 5와 같다.

表 4. Concrete의 배합설계

W/C	s/a	W	C	S	G	Total
56.0	43.0	186	332	765	1025	2308

Concrete배합설계에서 Mortar용적으로 환산하면

$$V=\frac{186}{1}+\frac{332}{3.15}+\frac{765}{2.62}=583.38\,(\ell)$$

(비중 : W : 1, Cement : 3.15, Sand : 2.62)

Mortar 1m³에 대한 배합설계

$$W=\frac{1000}{583.38}\times 186=319\,(kg/m^3)$$

$$C=\frac{1000}{583.38}\times 332=569\,(kg/m^3)$$

$$S=\frac{1000}{583.38}\times 765=1311\,(kg/m^3)$$

5. Air Meter의 Calibration

1) 시험방법

시험방법은 (KSF 2421 굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법 (공기실 압력방법))에 따라 실시한다.

2) 시험결과

표 6 및 그림 4와 같다.

表 5. Mortar의 배합

W/(C+F)	S/(C+F)	F/(C+F)	W	C	F·A	S
56.1(%)	2.3	8%	319g	523g	46g	1311g

(비중 : W=1.00, C=3.15, S=2.62, F·A=2.2)

表 6. Air Meter의 Calibration試驗結果

注水				無注水			
排出水量 (cc)	누적排出 水量(cc)	Air Meter 표시값(%)	實際의 空氣量(%)	排出水量 (cc)	누적排出 水量(cc)	Air Meter 표시값(%)	實際의 空氣量(%)
0	0	0	0	0	0	0.2	0
84.3	84.3	1.2	1.2	76.0	76.0	1.3	1.1
71.0	155.3	2.2	2.2	70.8	146.8	2.3	2.1
70.5	225.8	3.1	3.2	71.0	217.8	3.3	3.1
72.0	297.8	4.1	4.2	66.0	283.8	4.2	4.0
71.0	368.8	5.1	5.2	70.5	354.3	5.3	5.0
72.5	441.3	6.1	6.2	71.8	426.1	6.2	6.0
70.0	511.3	7.2	7.2	71.5	497.6	7.2	7.0
70.0	581.3	8.1	8.2	70.0	567.6	8.1	8.0
回歸式 : $y=1.01x+0.015$ r : 0.9997 x : Air Meter 표시값 r : 相關係數 y : 實際의 空氣量				回歸式 : $y=1.00x-0.22$ r : 0.9998 x : Air Meter 표시값 r : 相關係數 y : 實際의 空氣量			

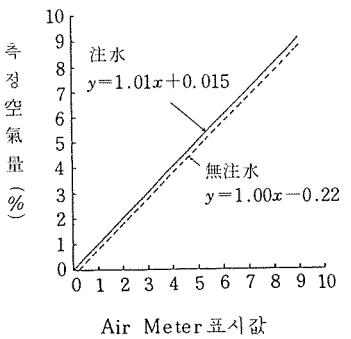

그림 4. Air Meter의 Callbration

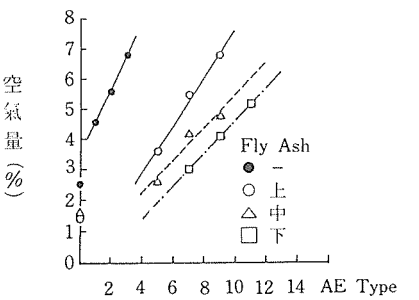

그림 5. AE Type와 공기량과의 관계 - (Concrete)

6. Concrete의 공기량시험

표 4의 Concrete배합에 따라 KSF 2403 (시험실에서 콘크리트의 압축 및 휨강도 시험용 공시체를 제작하고 양생하는 방법)에 의하여 시험뱃칭하고 KSF 2421 (굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량시험방법)에 따라 시험한 결과가 表 6 및 表 7과 같고 AE Type와 공기량과의 관계는 그림 5와 같다.

7. Morter의 시험

表 5의 Mortar배합에 따라 다음 순서와 같이 공기량 시험을 하였다.

7-1 Mortar의 혼합순서

○ 잔골재 1/2량 ┐
시멘트전량 ┐
잔골재 1/2량 ┘ 혼합용기 투입
30초 혼합수 전량 ┘

表 6. Concrete의 配合 및 시험결과

No.	Fly Ash 구분	Fly Ash 첨가량 (2)	混和劑	配合 W/C F(2)	配合 s/a (2)	配合 單位量(kg/m³) W	C	F	S	G	配合 SF (2)	slump (cm)	Air(%) 無水	Air(%) 注水
1	무첨가	0	Plain	62.1	44.0	207	333	-	792	1020	-	9.0	1.6	2.5
2			SF AE-1	56.0	43.0	186	332	-	770	1033	0.1	7.0	3.9	4.6
3			SF AE-2									7.0	5.0	5.6
4			SF AE-3									8.0	5.8	6.8
5	上品	8	Plain	62.1	44.0	207	306	27	786	1012	-	11.0	1.2	1.4
6			SF AE-5	56.0	43.0	186	305	27	765	1025	0.1	9.5	3.4	3.6
7			SF AE-7									11.8	5.2	5.5
8			SF AE-9									12.0	6.2	6.8
9	中間品	8	Plain -	62.1	44.0	207	306	27	786	1012	-	10.5	1.0	1.6
10			SF AE-5	56.0	43.0	186	305	27	765	1025	0.1	8.0	2.4	2.6
11			SF AE-7									11.0	3.9	4.2
12			SF AE-9									12.0	4.8	4.8
13	下品	8	Plain	62.1	44.0	207	306	27	786	1012	-	11.0	1.3	1.3
14			SF AE-7	56.0	43.0	186	305	27	765	1025	0.1	9.5	2.8	3.0
15			SF AE-9									11.0	3.6	4.1
16			SF AE-11									12.0	5.2	5.2

혼합용기를 Paddle까지 상승
혼합수가 넘치지 않도록 2, 3회 paddle을 회전시켜 혼합수가 시멘트, 잔골재에 스며들게 함.

○혼합개시

1분 | 저속 Mixing

○혼합정지

30초 | 혼합시 부착된 Mortar를 떼어냄
혼합용기 paddle까지 상승

○혼합개시

2분 | 저속 Mixing

○혼합정지

表 7. 回歸式

Fly Ash	回歸式
—	$y=1.1x+3.47$ r : 0.9986
上 品	$y=0.8x-0.30$ r : 0.9942
中間品	$y=0.55x+0.02$ r : 0.9672
下 品	$y=0.55x-0.85$ r : 1.000

7-2 Mortar의 slump 시험

Slump Cone을 수평으로 설치한 수밀성 강제평판(혹은 고무판)위에 놓고 Mortar를 대강 같은양으로 3층 나누어 채운다.

각 층은 다짐봉으로 고르게 한후 25회씩 다진다.

다지는데 있어서 다짐봉이 전층을 약간 관입할 정도로 다진다.

채움이 끝나면 시멘트칼로써 Mortar를 slump Cone 상단에 맞추어 깎아낸다.

그리고 slump cone를 가만히 (2~3초 정도)콘크리트로부터 수직방향으로 벗긴다.

Mortar가 충분히 주저앉은 다음 1mm 단위까지 측정한다. 그모양은 그림 6에 표시했음.

* slump cone의 내면및 강제평판을 물기를 적시어 물기를 닦아낸후 젖은 헝겊으로 덮어둔다.

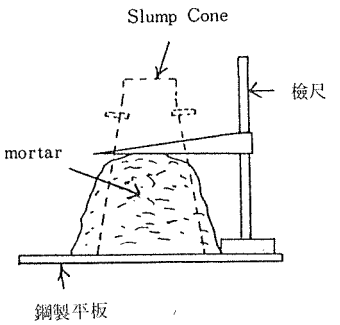

그림 7. Slump의 測定

7-3 Mortar의 Flow시험

Flow Table 윗면을 건조된 헝겊으로 잘 닦아 낸후 Flow틀을 Flow Table 중앙에 정확히 놓고 Flow Cone에 2층으로 채운다.

각층은 다짐봉이 그층의 1/2깊이까지 들어가도록 15회 다지고 다 다진후 부족분을 채운후 표면을 평평하게 한다.

이어서 Flow Cone을 정확히 위 방향으로 들어올린후 15초간에 15회 낙하운동을 시킨다.

Mortar가 완전히 넓어진후 지름이 최대인 방향과 그것의 직각인 방향으로 측정하고 그평균치를 mm 단위로하는 정수로 표시하여 이것을 Flow치로 한다.

7-4 중량법에 의한 Mortar의 공기량 시험

용적이 정확하며 침식되지 않는 공기량 측정용기를 사용한다.(용적이 400mℓ의 원통형)

용기에 혼합된 Mortar를 3층으로 나누어 채운다.

각층은 다짐봉으로 고르게 고른후 25회씩 다진다. 각층을 다질때 다짐봉이 전층을 약간 관입할 정도로 다지고 1층 다짐이 끝나면 용기 외벽을 등간격으로 5점 시멘트칼의 끝 부분으로 가볍게 1회 찔러박어 공극을 없앤다.

상기 작업이 끝난후 여분의 Mortar를 시멘트칼로 제거해 윗면을 고른후 부착된 Mortar 를 헝겊으로 깨끗이 닦아낸다.

용기+Mortar의 중량을 저울로 계량, 단 용기의 중량은 미리 계량하여 둔다.

즉, Mortar의 중량=(용기+Mortar)중량−용기중량

*공기량 측정용기는 물기를 없앤후 젖은 헝겊으로 덮어둔다.

Mortar의 중량은 다음과 같이 계산한다.

$$\text{Mortar의 공기량}(\%)=\frac{W_c-W_a}{W_c}\times 100$$

W_a : Mortar의 단위용적중량=W_b/공기량 측정용기의 용적

W_b : Mortar의 중량

W_c : 공기가 들어가 있지않은 것으로 계산한 Mortar의 단위용적중량

에) 7의 표 8 시험 결과

W_b=807g(공기량 측정용기의 용적 400mℓ)

$$W_a=\frac{807}{400}=2.0175\text{g}$$

$$W_c=\frac{319+523+46+1311}{\frac{319}{1}+\frac{523}{3.15}+\frac{46}{2.2}+\frac{1311}{2.62}}=2.185\text{g/mℓ}$$

(9 표 8 참조)

$$\text{Mortar의 공기량}(\%)=\frac{2.1852-2.0175}{2.1852}\times 100=7.7\%$$

7-5 Mortar의 시험결과

Mortar의 slump 및 공기량의 시험결과는 表 8, 表 9 및 그림 6과 같다.

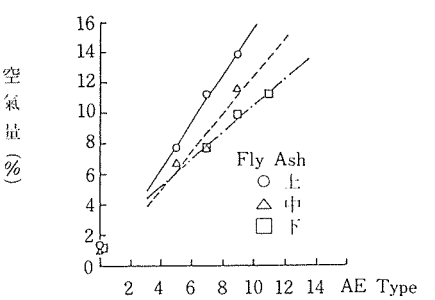

그림 6. AE Type별 공기량 - (Mortar)

表 8. Mortar 試驗結果

No.	Fly Ash		混和劑	配合							SI (cm)	Air (%)	M. T. (℃)
		混入率 (%)		W/(C+F) (%)	S/(C+F) (%)	單位量 (kg/m³) W	C	F	S	SF (%)			
1	上品	8	Plain	56.1	2.30	319	523	46	1311	−	4.0	1.4	14
2			SF AE-5							0.1	6.0	7.7	
3			SF AE-7								8.1	11.2	
4			SF AE-9								8.5	13.9	
5	中間品	8	Plain	56.1	2.30	819 319	523	46	1311	−	4.5	1.0	14
6			SF AE-5							0.1	8.0	6.7	
7			SF AE-7								6.2	7.6	
8			SF AE-9								8.5	11.6	
9	下品	8	Plain	56.1	2.30	319	523	46	1311	−	4.6	1.2	14
10			SF AE-7							0.1	7.0	7.7	
11			SF AE-9								8.5	9.9	
12			SF AE-11								8.5	11.2	

表 9. 回歸式

Fly Ash	回歸式
上 品	$y=1.55x+0.08$ r : 0.9972
中間品	$y=1.23x+0.06$ r : 0.9393
下 品	$y=0.88x+1.73$ r : 0.9892

8. 결 론

Mortar와 Concrete의 공기량 관계는 6항과 7항에 따라 시험한 결과에 따라 그림 8과 같고 회귀식은 表 10과 같다.

表 10. 回歸式

回歸式
$y=0.52x-0.36$, r : 0.9994

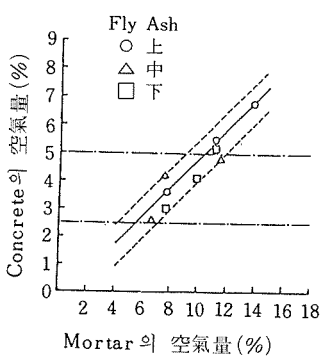

그림 8. Mortar의 공기량과 Concrete의 공기량 관계

이 그림에 의하면 콘크리트의 공기량과 Mortar의 공기량관계는 약 1 : 2로 콘크리트와 Mortar의 공기량 사이에는 높은 상관관계가 있음을 확인하였다.

따라서 이 시험방법을 활용한다면 Fly ash의 Lot나 품질등이 변하는 경우에 콘크리트의 적정 AE제량을 결정하기 위한 간편한 방법으로 Mortar시험이 응용될 수 있다고 생각된다.

예를들어 본시험결과에 따라 얻은 상관관계를 기준으로하면 Concrete 공기량이 약 4% 필요하다면 Mortar 시험에서 8~10%의 공기가 들어 있는 AE제량을 구하면 된다. *