

Hydrometer법을 이용한 밀도 측정값과 시험 성적서간 상관분석을 통한 플라이애시의 품질특성 분석

Quality Analysis of Fly Ash Through Correlation between Density by Hydrometer and Test Report

송 흥 호

한 천 구*

Song, Heung-Ho

Han, Cheon-Goo*

Department of Architectural Engineering, Cheongju University, Naduk-Dong, Cheongju-City, 360-764, Korea

Abstract

To evaluate the reliability of fly ash quality supplied to ready-mixed concrete plant using mass cylinder and hydrometer, in this research, the relationship between the fly ash properties provided from certification and density measurement with suspension was evaluated. As a result, the reliability of the certification, except fineness and loss on ignition, all properties had a discord. Additionally, in the case of density, fineness, and L.O.I, the relation with the density measured using hydrometer showed high correlation, especially fineness was strongly related with the density measured using hydrometer. Furthermore, according to the comparative analysis with previous research, the fly ash used in this research was similar measurement with raw powder without any refining process, it is considered that the constant error of blaine test or using raw ash sample as a fly ash. In current standard regarding fly ash, the fineness range of class 2 can be changed from 3,000 - 4,500cm²/g to 3,500 - 4,500cm²/g for improved quality of fly ash in fineness aspect.

Keywords : fly ash, quality evaluation, correlation, hydrometer method, fineness, acceptance inspection

1. 서 론

최근 지구온난화 등 환경문제가 심각해짐에 따라 전 세계적으로는 다양한 측면에서 이에 대한 대응책을 마련하고 있다. 특히 건설산업의 경우는 플라이애시(Fly Ash 이하 FA) 및 고로슬래그 미분말 등 산업부산물을 시멘트 대체재로 사용하는 콘크리트에 관련한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 이중 FA는 시멘트 콘크리트용 혼화재로 사용하게 되면 볼베어링 작용으로 워커빌리티가 개선되고, 포졸란 반응으로 인해 장기 강도가 증진되는 등 콘크리트 품질 향상에 이점이 있다[2].

그러나 FA는 화력발전소에서 발생하는 원분을 정제과정으로 품질을 향상시켜 레미콘 업체에 납품해야 하지만, 일부 정제공장에서는 생산시간의 단축, 원가절감 및 폐기되는 Reject Ash의 매립문제 등의 이유로 정제과정을 생략하고 이른바 차갈이만하여 원분상태로 납품하는 것이 언론에 보도된바 있다[3].

FA의 정제방법에는 여러 방법이 있지만, 국내에서는 대부분 공기입도 분급법(원심분리법)을 사용하고 있다. 공기입도 분급법의 경우는 미연소 탄분 및 기타 이물질 등의 상대적으로 굵은 입자를 분급하여 제거하고 작은 입자만을 채취하는 방법이다. 이에 따라 레미콘 공장에서 인수검사를 실시할 때는 주로 분말도 시험으로 블레인 공기투과장치를 이용하고 있으나, 고가의 장비 및 숙련도를 필요로 하는 등의 이유로 레미콘 공장에서는 비치되어 있지 않고 주로 정제공장에서 보내오는 시험 성적서에만 의존하고 있다.

Received : January 6, 2017

Revision received : March 7, 2017

Accepted : June 27, 2017

* Corresponding author : Han, Cheon-Goo

[Tel: 82-43-229-8480, E-mail: cghan@cju.ac.kr]

©2017 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

그러므로 본 연구에서는 전술한 문제를 해결하기 위한 방법으로 국내 레미콘사에 성적서와 함께 납품된 FA를 Hydrometer(액체비중계)와 메스실린더를 사용하여 구한 밀도값(비중계법)과 상관성을 분석하여, 레미콘 공장에 납품되는 FA의 품질상태를 고찰하고 아울러 분말도를 신속하고 간편하게 평가하는 새로운 FA 분말도 인수검사 방법을 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 사용재료

2.1 실험계획 및 사용재료

본 연구의 FA는 충남의 모 FA 정제공장에서 국내 C사 레미콘공장에 납품되는 2016년 2월 15일부터 3월 25일까지 40일간의 27회 시료를 분석대상으로 하였다. 이때에는 Figure 1과같이 FA가 벌크트럭으로 입고 될 때마다, 매회 3번의 시료를 채취하여 비중계법으로 혼탁액 밀도를 측정하도록 하였다. 이때는 매차마다 품질에 대한 성적서도 함께 받아 통계분석에 이용하였다.

Figure 2는 본 분석에 사용한 FA의 성적서의 일예이고, 27회분 성적서의 물리·화학적 성질은 Table 1과 같다.

2.2 실험방법

본 실험의 실험방법으로 비중계법 혼탁액 밀도측정은 Figure 3과같이 이전연구의 결과를 참조하여[4] 1,000cc 메스실린더에 100g의 FA를 넣은 다음 물을 1,000cc까지 채워 넣고, 입구를 밀봉한 후 상하를 뒤집어 흔들어 주는 진동을 주어 1분에 15회 반전시킨다. 혼합이 완료된 후 메스실린더를 정지시키고 혼탁액 중앙에 액체비중계를 띄워 3분 시점에서의 밀도를 측정하였다.



Figure 1. Sampling FA

Figure 2. Test report of FA

Table 1. Physical and chemical properties of FA

Days	SiO ₂ (%)	Moisture content (%)	L.O.I (%)	Density (g/cm ³)	45μm residue (%)	Blaine (cm ² /g)
02.15	61.0	0.1	1.00	2.20	22	3,814
02.17	61.0	0.1	0.80	2.19	21	3,818
02.18	61.0	0.1	0.80	2.18	22	3,806
02.19	61.0	0.1	0.90	2.19	22	3,799
02.20	61.0	0.1	0.90	2.19	20	3,801
02.22	61.0	0.1	1.20	2.20	22	3,794
02.23	59.7	0.1	3.88	2.21	25	3,738
02.24	61.0	0.1	1.10	2.18	20	3,775
02.26	61.0	0.1	2.00	2.20	22	3,762
02.29	61.0	0.1	1.70	2.21	24	3,788
03.01	59.7	0.1	1.50	2.19	24	3,682
03.03	59.7	0.1	2.20	2.20	22	3,694
03.04	59.7	0.1	2.60	2.22	25	3,703
03.07	59.7	0.1	3.20	2.21	22	3,696
03.08	59.7	0.1	3.00	2.21	21	3,705
03.09	59.7	0.1	3.40	2.22	23	3,714
03.10	59.7	0.1	3.23	2.21	23	3,795
03.11	59.7	0.1	4.27	2.21	23	3,761
03.14	59.7	0.1	2.96	2.19	23	3,806
03.15	59.7	0.1	2.97	2.19	23	3,810
03.16	59.7	0.1	2.86	2.20	23	3,798
03.17	59.7	0.1	3.41	2.21	23	3,781
03.21	59.7	0.1	4.14	2.19	25	3,826
03.22	59.7	0.1	4.00	2.20	25	3,721
03.23	59.7	0.1	3.88	2.21	25	3,738
03.24	59.7	0.1	3.49	2.20	25	3,705
03.25	59.7	0.1	4.11	2.19	25	3,689

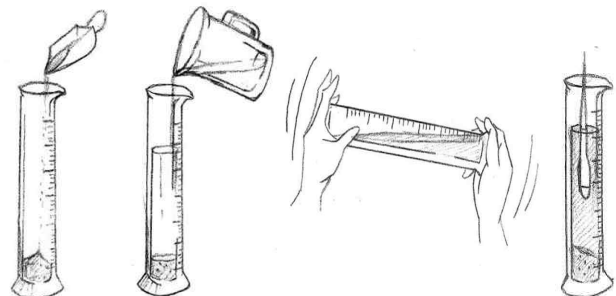


Figure 3. Test method suggested

3. 실험결과 및 분석

3.1 \bar{x} -R 관리도 및 기타

먼저 Table 2는 액체비중계를 이용해 구한 FA 혼탁액의 3분 밀도를 3회 측정값, 평균 및 범위를 정리한 것이다. 이것을 기준으로 Figure 4는 그 데이터를 \bar{x} -R 관리도로 나타낸 것이고, Figure 5는 히스토그램으로 나타낸 것이다. 이때 3분에서의 밀도값을 구한 이유는 이전 예비실험에서 3분의 밀도 측정값이 가장 신뢰성이 높은 것으로 판단되어 본 실험에서는 이를 적용하였다. 분석결과, \bar{x} 관리도는 평균값이 1.0412로 모든 데이터가 관리 상한선인 1.0454, 하한선인 1.0370의 범위 안에 양호하게 분포하는 것을 알 수 있다. 그러나 03. 22 일자(No.24)의 측정값은 1.0388로 여타의 측정값보다 약간 낮은 것을 알 수 있어 레미콘 공장에 납품된 FA의 품질이 여타의 FA보다 좋지 않을 것으로 예상 된다.

Table 2. Average and range of density values of FA suspension (3 minutes)

No.	Days	1 times	2 times	3 times	Average (\bar{x})	Range (R)
1	02.15	1.0450	1.0420	1.0430	1.0433	0.0030
2	02.17	1.0410	1.0400	1.0400	1.0403	0.0010
3	02.18	1.0440	1.0420	1.0430	1.0430	0.0020
4	02.19	1.0420	1.0410	1.0410	1.0413	0.0010
5	02.20	1.0420	1.0430	1.0400	1.0417	0.0030
6	02.22	1.0420	1.0400	1.0410	1.0410	0.0020
7	02.23	1.0420	1.0375	1.0400	1.0398	0.0045
8	02.24	1.0430	1.0410	1.0420	1.0420	0.0020
9	02.26	1.0420	1.0410	1.0390	1.0407	0.0030
10	02.29	1.0410	1.0410	1.0410	1.0410	0.0000
11	03.01	1.0420	1.0410	1.0420	1.0417	0.0010
12	03.03	1.0420	1.0400	1.0410	1.0410	0.0020
13	03.04	1.0410	1.0400	1.0400	1.0403	0.0010
14	03.07	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	0.0000
15	03.08	1.0405	1.0410	1.0410	1.0408	0.0005
16	03.09	1.0410	1.0390	1.0420	1.0407	0.0030
17	03.10	1.0420	1.0410	1.0410	1.0413	0.0010
18	03.11	1.0400	1.0410	1.0400	1.0403	0.0010
19	03.14	1.0400	1.0400	1.0400	1.0400	0.0000
20	03.15	1.0420	1.0415	1.0420	1.0418	0.0005
21	03.16	1.0420	1.0420	1.0420	1.0420	0.0000
22	03.17	1.0400	1.0420	1.0410	1.0410	0.0020
23	03.21	1.0410	1.0430	1.0420	1.0420	0.0020
24	03.22	1.0395	1.0380	1.0390	1.0388	0.0015
25	03.23	1.0410	1.0410	1.0420	1.0413	0.0010
26	03.24	1.0420	1.0400	1.0410	1.0410	0.0020
27	03.25	1.0410	1.0440	1.0420	1.0423	0.0030
-	Average	1.0416	1.0409	1.0411	1.0412	0.0016

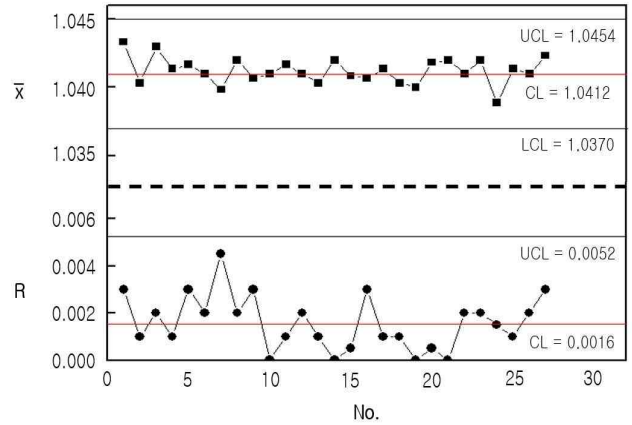


Figure 4. \bar{x} -R controlling graph

R 관리도의 경우 평균값은 0.0016 이고, 상한선은 0.0052로 역시 \bar{x} 관리도와 마찬가지로 모든 범위 값은 관리 상한선 안에 양호하게 분포함을 알 수 있었다.

Figure 5의 히스토그램은 1.038~1.039, 1.039~1.040 g/cm³에는 각각 1개씩 포함되어 있는 것을 알 수 있고, 1.041~1.042g/cm³ 범위에 11개가 포함되어 가장 많은 것을 알 수 있는데, 전반적으로 이번 실험에 사용된 FA의 분말도 품질 분포는 정규분포와 유사한 특성을 나타내는 것으로 분석된다.

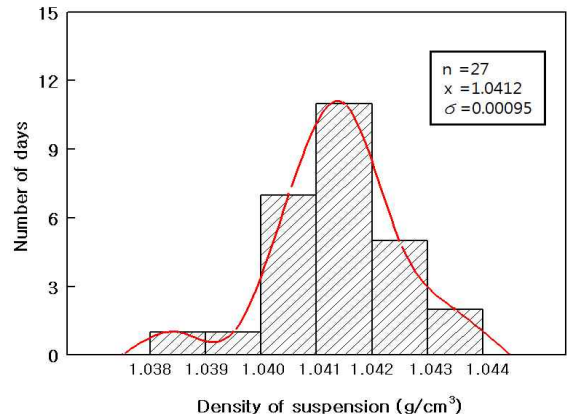


Figure 5. Histogram depending on density of suspension

3.2 혼탁액 밀도 측정값과 FA 품질의 상관관계

3.2.1 성적서 데이터의 적정성

FA 품질과 관련하여 하루하루의 성적서인 Figure 2에서는 큰 문제점을 발견하지 못하였다. 그러나 27일간의 품질특성과 비중계법 3분 밀도값의 상관성을 분석한 결과 몇 가지의 특징 및 문제점을 발견할 수 있었다.

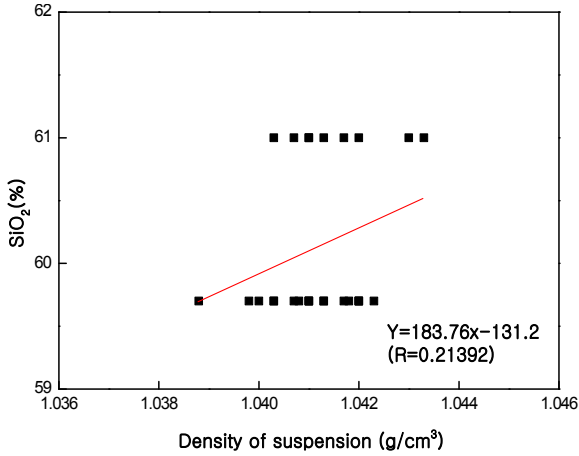


Figure 6. Correlation between density of suspension and SiO₂

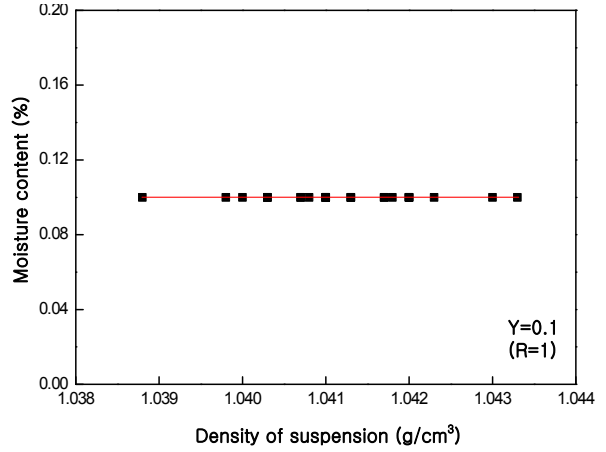


Figure 7. Correlation between density of suspension and moisture content

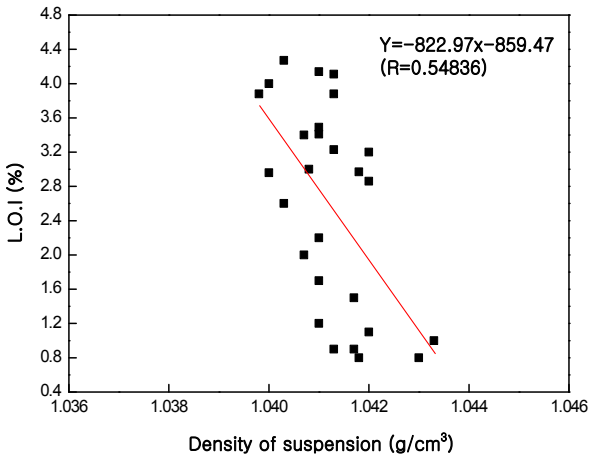


Figure 8. Correlation between density of suspension and L.O.I

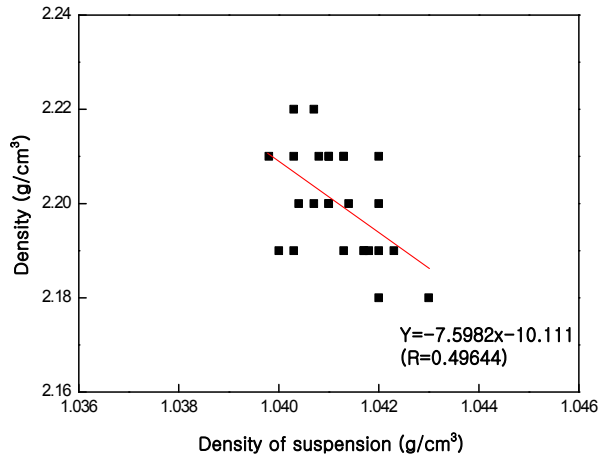


Figure 9. Correlation between density of suspension and density

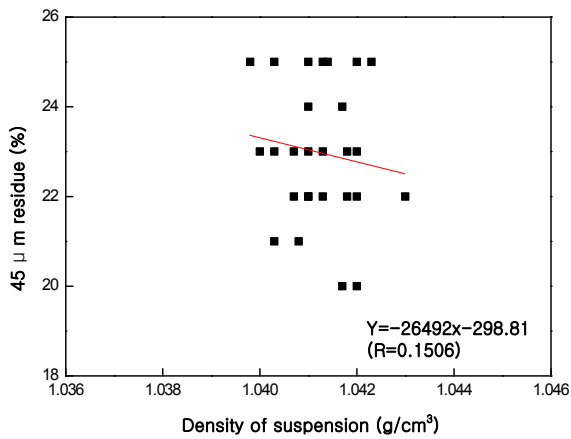


Figure 10. Correlation between density of suspension and 45μm residue

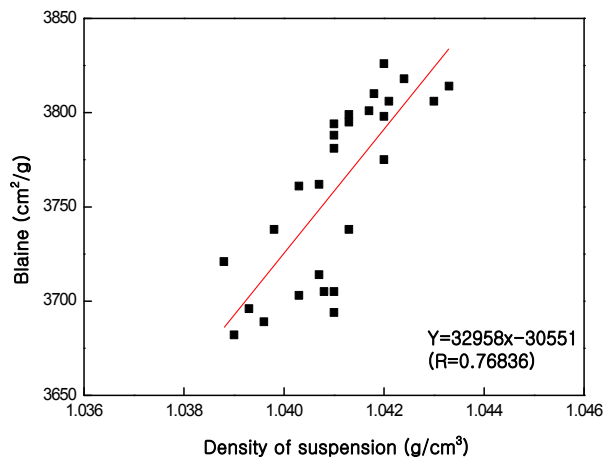


Figure 11. Correlation between density of suspension and blaine

먼저, FA는 품질변동이 존재할 것으로 추측됨에도 불구하고 수분 함유량은 27일간 모두 0.1%인 하나의 데이터 이었고, SiO₂는 61.0%와 59.7%인 2개의 데이터뿐이었다. 이 경우는 정밀도의 문제일 수도 있겠지만 아마도 한 달에 1~2회 실험하고, 그 데이터를 계속 활용하는 시스템 이거나, 혹은 실험을 하지 않고 그 값을 고정적으로 적어주는 것에 기인한 것으로 사료된다.

또한 FA 밀도와 45μm체 잔분량의 경우는 전 측정값이 5혹은 6개 그룹으로 나누어지는데, 이는 유효숫자 자릿수를 너무 작게 하여 측정값을 마무리함에 기인한 것으로, 신뢰도를 높이기 위해서는 유효숫자 자릿수를 늘릴 필요가 있는 것으로 분석된다. 단, 강열감량(L.O.I)과 분말도(Blaine)는 정상적인 데이터가 분포되어 비중계법 밀도값과의 상관성을 정상적으로 분석할 수 있었다.

3.2.2 상관성 분석

통계학적 의미에서 27개의 측정값일 때의 신뢰성 있는 상관성을 r표로 분석 할 경우 0.01% 불량률일 경우는 0.4793, 0.05% 불량률일 경우는 0.3746으로 비례보간법에 의하여 유추될 수 있다[5]. 따라서 Figure 6~11의 상관 분석에서 SiO₂, 수분함유량 및 45μm 잔분은 상관성이 없는 것으로 분석되고, 밀도, L.O.I 및 분말도는 0.01%의 불량률 조건에서 상관성이 있는 것으로 분석된다. 즉 본 실험의 비중계법에 의한 혼탁액 밀도는 FA의 밀도가 작고, L.O.I가 작을수록 큰 값을 나타내는 반비례관계, 분말도가 클수록 커지는 정비례관계가 나타남을 알 수 있었다. 결국 분말도가 커서 FA 분말입자가 미세해진 경우는 본 방법의 측정원리인 입자침하속도가 4r/3에 비례하여[6] 늦어짐으로 일정시간에서는 큰 밀도를 나타내므로 분말도와는 정비례 관계가 나타난 것이다. 또한 입자가 미세한 경우는 바람으로 FA를 정제함에 따라 미립자일수록 불순물을 포함하지 않아 밀도가 작고, L.O.I가 작게 나타나는 일맥이 상통하는 결과를 사료된다.

3.3 선행연구와의 비교고찰

Figure 12는 비중계법 밀도값과 FA 분말도를 분석한 Figure 11을 이전연구에서 정분, 원분, Reject ash 및 상호 혼합한 경우의 비중계법 밀도값과를 상호 비교하여 나타낸 것이다. 금번의 연구 결과는 종전연구와 기울기는 비슷한데 왼쪽으로 이동된 모습을 나타내고 있다. 이와 같은 원인에

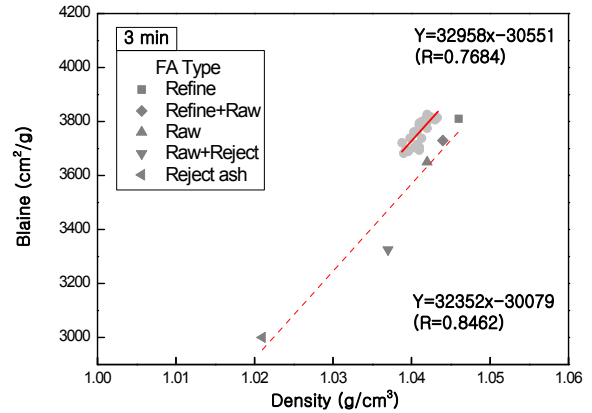


Figure 12. Comparing with previous research by correlation between density of suspension and blaine (1)

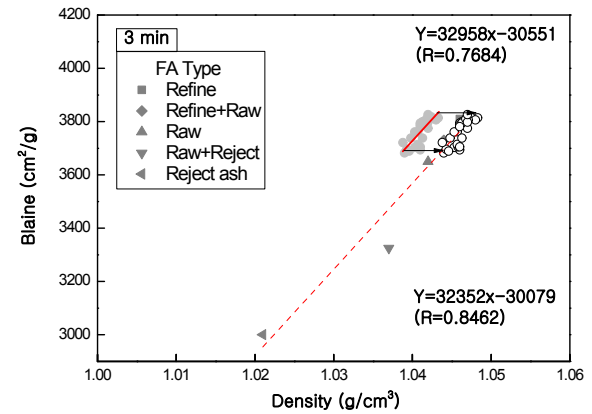


Figure 13. Comparing with previous research by correlation between density of suspension and blaine (2)

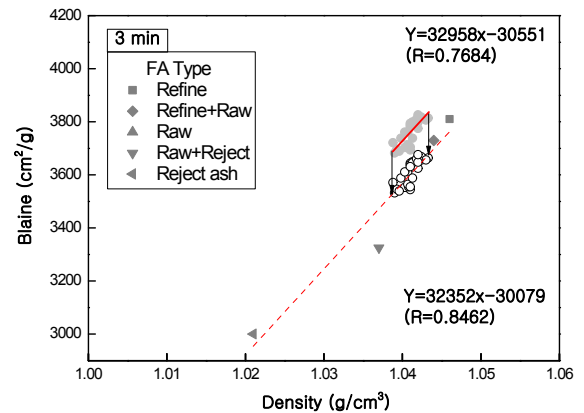


Figure 14. Comparing with previous research by correlation between density of suspension and blaine (3)

대하여는 2가지 관점에서 고찰해 볼 수 있다.

먼저 Figure 13의 경우인데 이는 FA의 분말도를 측정하는 Blaine 공기투과장치간의 정밀도 차이에 의한 것으로 사료된다. 즉, 금번 레미콘공장에 납품한 FA를 정제공장 보유 Blaine 공기투과장치가 너무 큰 값으로 평가하거나 혹은 이

전연구에서 실험할 때 측정된 Blaine 공기투과장치가 너무 작은 값으로 평가됨에 기인된 것일 수 있다.

또 하나는 Figure 14의 경우로서 이전 연구실험이든 본 연구실험이든 비중계법의 측정방법은 동일시험기 및 동일방법을 이용하였음에 동일비중계 밀도측으로 이동시킨 경우이다. 결국 이 경우는 금번 실무레미콘에 이용된 27개 데이터는 정제되지 않은 원분의 편차범위에서 품질이 나타난 것으로 분석된다, 즉, 종전에 언론에서 문제된바와 같이 정제를 하지 않은 것인지 혹은 정제를 거쳤더라도 소량의 Reject ash 만을 제거하여 의미 없는 정제였는지는 알 수 없지만 정제된 정분 FA 품질에는 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 분말도는 결국 Blaine 값 3,600cm²/g 전후인데, 현행 KS 규격과의 연관성에도 관련이 있는 것으로 분석된다.

Table 3은 KS L 5405 (플라이애시)의 품질규정을 나타낸 것이다. 이중 분말도를 Blaine 값으로 종별로 분류하면 Figure 15의 좌측과 같다.

Table 3. FA standards (KS L 5405)

Division	Species				
	1	2	3	4	
SiO ₂ (%)	higher than 45.0	higher than 45.0	higher than 45.0	higher than 45.0	
Moisture content (%)	less than 1.0	less than 1.0	less than 1.0	less than 1.0	
L.O.I (%)	less than 3.0	less than 5.0	less than 8.0	less than 5.0	
Density	higher than 1.95	higher than 1.95	higher than 1.95	higher than 1.95	
Free CaO	less than 2.5	less than 2.5	less than 2.5	less than 2.5	
Reactive CaO	less than 10	less than 10	less than 10	less than 10	
SO ₃	less than 3.5	less than 3.5	less than 3.5	less than 3.5	
Stability	Autoclave expansion (%)	less than 0.8	less than 0.8	less than 0.8	less than 0.8
	Le - Chatelier's	less than 10	less than 10	less than 10	less than 10
Fineness	45µm residue	less than 10	less than 40	less than 40	less than 70
	Blaine	higher than 4,500	higher than 3,000	higher than 2,500	higher than 1,500
Flow ratio	higher than 105	higher than 95	higher than 85	higher than 75	
Reactivity index	Age 28 days	higher than 90	higher than 80	higher than 80	higher than 60
	Age 91 days	higher than 100	higher than 90	higher than 90	higher than 70

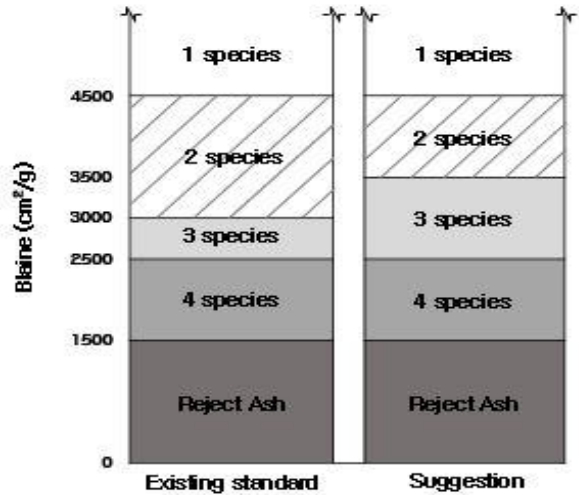


Figure 15. Analysis on the blaine of FA standards (KS L 5405)

그래프에서 보는 바와 같이 2종과 3종간에는 기형적으로 구분되어 짐을 알 수 있다. 현행의 경우 FA를 정제하고 버려지는 Reject ash의 경우도 Blaine 값이 3,000cm²/g 전후로 2종에 속할 수 있음에 굳이 무리하게 정제할 필요가 없을 수도 있다. 따라서 FA의 품질을 2종과 3종을 확실하게 구분하기 위해서는 Figure 15의 우측과 같이 Blaine 3,500 cm²/g에서 2종과 3종이 구분되도록 등간격으로 구분한다면 현재의 원분상태와 유사한 상태로 유통되는 FA의 품질에는 어느 정도 향상을 기대할 수 있을 것으로 추측된다.

3.4 새로운 분말도 인수검사 방법 제안

앞서 기술한 문제점들을 보완하기 위해 즉, KS 제품의 경우 납품업체의 성적서로 대신하고 있지만, 좀 더 세심한 품질관리를 위해 새로운 분말도 인수검사 안을 제시하고자 하는데, 이는 Figure 16과 같다. 즉, 레미콘 공장에 FA가 납품되면 시료를 채취 한다. 이때 FA 시료는 아래위로 충분히 혼합한 후 시료를 채취한다. 다음 공정은 채취한 시료로 분말도 인수검사를 실시하는 것으로 먼저 액체비중계는 1.000~1.060g/cm³까지 측정 가능하며, 분해능은 0.001, 전체길이는 300mm를 사용하고, 메스실린더는 1,000cc를 사용한다. 방법으로는 먼저 1,000cc 메스실린더에 FA 시료 100g 을 넣고 물을 1L까지 채운 뒤, 메스실린더의 입구를 랩으로 감싸고, 손으로 막아 1분에 15회 상하를 뒤집어 혼합시킨 후 즉시 혼합액의 중앙에 액체비중계를 띄워 초시계를 이용, 3분의 밀도값을 시료 당 3회씩을 측정한다. 이때 액체

비중계의 밀도값으로부터 미리 구해둔 자료를 이용하여 분말도를 추정한다. 만약 추정된 분말도가 목표 값 이상이면 사일로에 투입하여 콘크리트 제조에 사용하지만, 만약 품질에 결함이 발견될 경우 특히, KS 품질규격에 불합격한 경우에는 즉시 반품하여 다시 정제 과정을 거치도록 하지만, KS 규격에는 만족하더라도 저품질인 경우는 레미콘 생산에 고려도록 조취를 취한다.

참고적으로 분말도 품질관리에 이용하는 분말도 추정 회귀식으로 $Y=32958x-30551$ 이 제안되고 있지만, 이는 5회의 데이터로부터 작성된 식이므로 실무에 효과적으로 활용하기 위해서는 더 많은 자료가 축적되어야 할 것으로 사료된다.

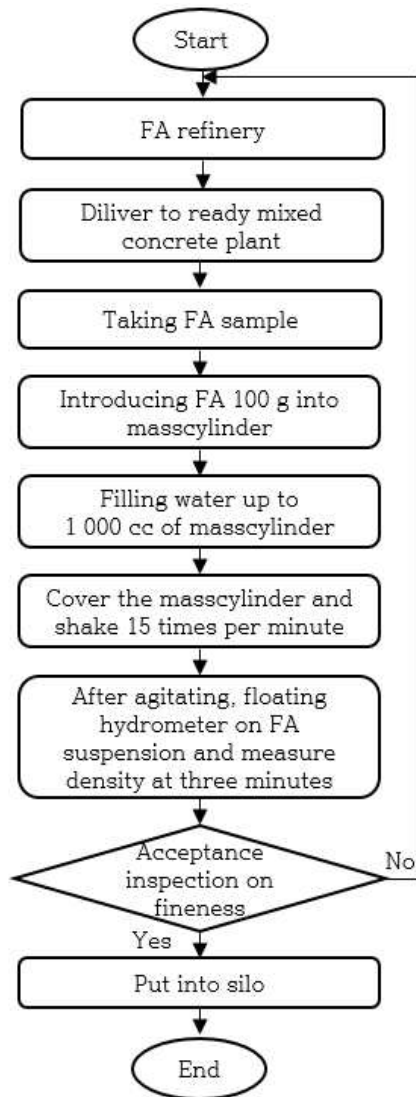


Figure 16. New method of receiving inspection on fineness

4. 결 론

본 연구에서는 메스실린더와 액체비중계를 이용하여 실제 성적서에 표기된 FA 품질과의 상관성을 분석하고, 아울러 이 방법을 토대로 레미콘 공장에 납품되는 FA의 분말도 품질 평가가 가능한지를 분석하고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 레미콘 공장에 납품된 FA 27회분에 대하여 시료를 채취 비중계법 혼탁액 밀도값을 측정하여 \bar{x} -R 관리도 및 히스토그램으로 작성하여 분석한 결과는 정상적인 산포로 정규분포경향을 띠는 안정적인 시료임을 알 수 있었다.
- 2) 시중 레미콘 사에 납품되는 FA 성적서의 적정성을 검토한 결과 분말도와 L.O.I를 제외한 밀도와 45 μ m 잔분은 품질특성표시의 유효숫자 자릿수에 문제가 있고, SiO₂와 습분의 경우는 유효숫자 자릿수 혹은 실험 유무에 문제가 있는 것으로 분석되어 신뢰성이 문제시 되는 것으로 나타났다.
- 3) 비중계법 혼탁액 밀도와 FA 품질특성간의 상관성을 분석한 결과, FA의 밀도 및 L.O.I는 반비례관계, 분말도와는 정비례 관계가 나타나는데, 특히 비중계법 혼탁액 밀도와 FA 분말도간에는 상관계수가 0.77로 가장 상관성이 높은 것을 알 수 있었다.
- 4) FA 분말도와 비중계법 혼탁액 밀도간의 상관관계를 분석한 선행연구와 비교·고찰한 결과 금번의 연구 결과는 종전 연구와 기울기는 비슷한데 왼쪽으로 이동된 모습을 나타내고 있다. 이는 Blaine 공기투과장치간의 편차에 의한 것도 존재하지만, 중요한 것은 동일 액체 비중계 및 메스실린더의 동일한 방법을 이용한 것임에 액체비중계의 혼탁액 밀도가 동일한 것으로 아래쪽으로 데이터를 이동시키면 결국은 정제를 하지 않는 원분의 산포정도 범위인 것으로 분석되어 결국 27회분에 납품된 FA는 정제되지 않은 것이거나 소량만이 정제된 것으로 분석된다.

이상을 종합하여 볼 때 본 논문에서 적용한 Figure 16의 새로운 분말도 평가방법은 높은 신뢰성을 보이는 것으로 실무의 효율적 활용이 가능한 것으로 분석되며, 또한 KS L 5405 플라이

에시의 분말도 규정 중 2종의 경우 3,000~ 4,500cm²/g을 3,500~4,500cm²/g으로 수정하여 개정한다면, FA의 품질향상에 크게 기여될 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

레미콘 공장에 납품되는 플라이애시의 품질의 신뢰성을 파악하기 위해 본 연구에서는 메스실린더와 액체비중계를 이용하여 FA 성적서에 나타난 품질특성과 혼탁액 밀도 측정값과의 상관관계를 분석하였다. 연구결과, 성적서에 나타나는 데이터의 적정성 분석으로는 분말도와 L.O.I를 제외한 모든 품질특성이 유효숫자 자릿수 또는 실험유무에 문제가 있는 것으로 분석된다. 또한, FA의 밀도, 분말도와 L.O.I의 경우는 비중계법 밀도값과 상관성이 양호한 것으로 분석되었는데, 특히 분말도의 상관성이 높은 것을 알 수 있었다. 또한 선행연구와의 비교고찰을 실시한 결과, 본 실험에 사용된 FA는 정제과정을 거치지 않은 원분과 유사한 데이터로 나타났는데, 이는 분말도 측정 방법인 Blaine 공기투과장치 간의 편차 문제 또는 양호하게 정제를 하지 않음에 기인한 것으로 사료되었다. 또한 현행 FA의 규격에도 KS L 5405 2종의 경우 분말도의 범위를 3,000 ~4,500cm²/g에서 3,500~4,500cm²/g으로 개정한다면 레미콘 공장에 납품되는 FA 분말도 품질 향상에 크게 기여될 수 있을 것으로 사료된다.

키워드 : 플라이애시, 품질평가, 상관관계, 비중계법, 분말도, 인수검사

References

1. Sho KH, Park SJ. Engineering properties of finishing mortar containing fly ash produced in combined heat power plant. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 2012 Nov;28(11):141-48.
2. Paik MS, Jung SJ. The experimental study on the early properties of high volume fly-ash concrete. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 2002 Nov;18(11):91-8.
3. Jung DH. Thermal power plant of cinders 'Car replacement' with random distribution [Internet]. Korea: MBC NEWS; 2014 Oct 14 [cited 2017 Mar 31]. Available from: http://imnews.imbc.com/replay/2014/nwdesk/article/3541649_18451.html.
4. Song HH, Han CG. Analysis of evaluation possibility of fly ash fineness using hydrometer. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 2017 Apr;17(2):119-25.
5. Hwang UC, Choisin pumjilgwanri-TQCui ironowa silje [The latest quality control—the theory and reality of TQC]. 3rd rev. Seoul (Korea): Pakyougsa Ltd; 1984, 1, korean, supplement 7, r table; p. 762.
6. Han CG. Study on the early estimation of concrete strength [Dissertation]. [Chungnam (Korea)]: Chungnam university; 1988, 251 p.