

# cement 工業에서의 sampling

金 勇 瑞

<雙龍洋灰東海工場品質管理室參事>

## I. 서 언

채취한 시료(sample)를 측정하는 것은 그 시료의 값만을 알기 위한 것이 아니고 어떤 실험 상황, 공정 상황, 품질 관리 상태 및 lot의 합격, 불합격을 판정하기 위한 것이기 때문에 시료 채취(sampling)는 그 시료 자체가 아니고 그 시료를 뽑아 낸 본래의 集團(母集團, population)을 대상으로 하고 있다.

따라서 채취한 시료가 그 母集團을 대표할 수 있는나 없느냐 하는 문제가 있기 때문에 가능하면 많은 量의 시료를 채취하고자하나 이의 뒷처리 및 경제성 등 여러 가지 문제점이 수반되므로 시료 채취의 數 및 시료 채취 방법(sampling method) 등을 적절히 선택하지 않으면 안된다.

또한 채택한 sampling 방법이 그 모집단을 대표하느냐 않느냐 하는 문제는 통계적 수법을 이용하여 별도로 검정을 해 보아야 할 것이다.

과거에는 分析 혹은 測定에 많은 研究와 관심을 기울여 왔으며 sampling에 대해서는 등한시하는 경향이었으나 점차 sampling의 중요성에 대한 인식이 높아져 최근 cement 공업에서도 auto sampler의 응용이 증가되고 있는 실정이다.

여기에서는 각국 cement 공장에서 뿐만 아니라 우리 나라에서도 많이 채택·이용되고 있는 sampling 방법(auto sampler)에 대하여 소개하고자 한다.

## II. sampling device

다음에 기술하는 automatic sampler들은 현재 각국 cement 공장에서 자기 자기 공장 고유의 조건(수송 계통의 구조, 취급해야 하는 material의 量 등)에 따라 취사 선택되어 사용되고 있는 기본 형태들이다.

### 1. disc sampler(with sampling tower)

automatic sampling system의 하나로서 ore-bed system을 채택하여 raw mix를 control하고 있는 공장에서 많이 이용하고 있다. 대부분의 경우 <그림-1>의 flow sheet와 같이 일련의 sampling tower와 병행 설치되며 처리할 material의 양이 많을 때 적합하다.

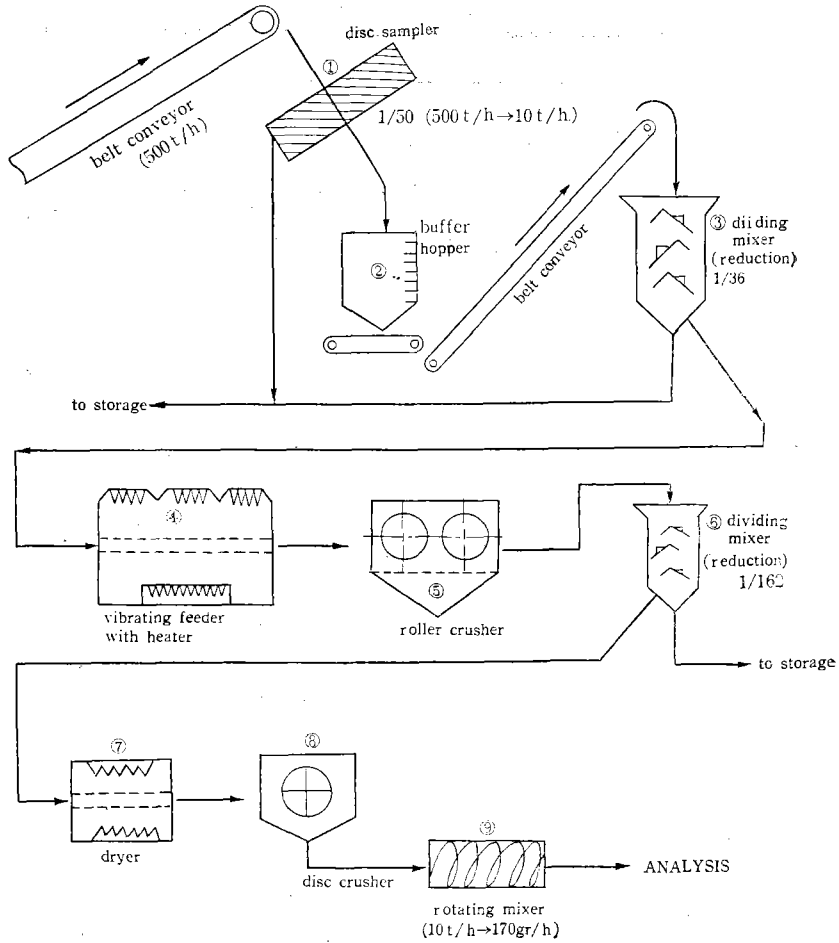
1) sampling tower의 flow sheet : <그림-1> 參照

2) 구성 요소의 기능 : <表-1> 參照

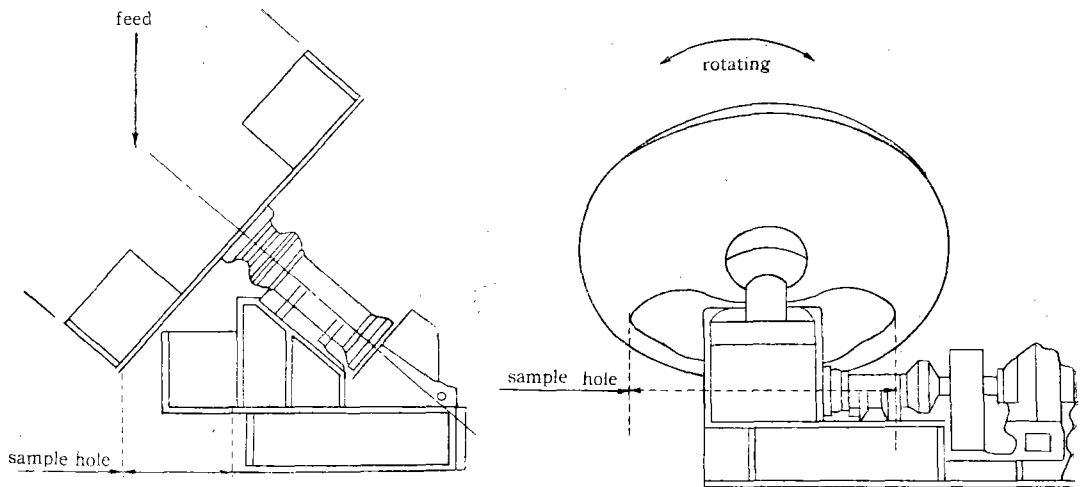
3) disc sampler : <그림-2> 參照

### 2. swing spoon type sampler

<그림-3>은 獨逸 Siebtechnik G. m. b. H에서 제안한 저부 인출형 swing spoon sampler를 나타내고 있다. 채취되는 시료의 양은 material의 양에 따라 sampling spoon의 왕복 주기(interval)나 크기를 조정하므로 control이 가능하다. 이 sampler는 粉塊混合物의 채취에 많이 적용된다.



<그림-1> sampling tower 의 flow sheet  
 ※ flow sheet 중의 수치들은 한 예를 나타낸 것임.

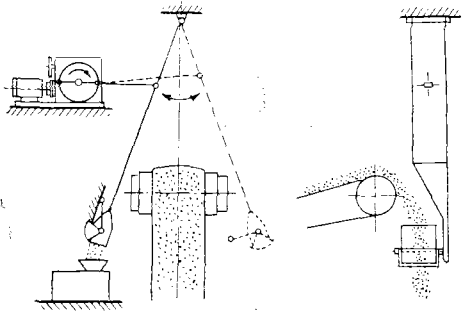


<그림-2> disc sampler

<表-1>

구성 요소의 기능

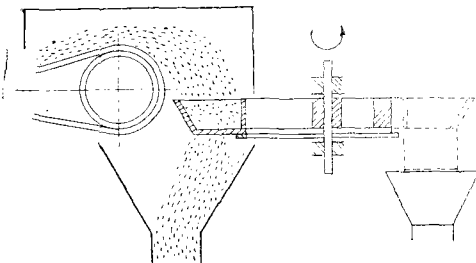
No.	명칭	기능	비고
1	disc sampler	일정 주기로 sampling 作用을 한다.	① 180 초 동안에 3 초간 sampling ② 감소비 1/50 ③ sample 量(10t/h) 500t/h→10t/h
2	buffer hopper	drying 및 H <sub>2</sub> O % 測定	
3	dividing mixer	mixing 및 reduction	축분비 1/36
4	vibrating feeder	dring	18 kw
5	roller crusher	0~3 mm size 로 粗碎	
6	dividing mixer	mixing 및 reduction	축분비 1/162
7	dryer	secondary drying	
8	disc crusher	100~120 μ 으로 微粉碎	
9	rotating mixer	分析주기 동안에 모아지는 raw mix를 mixing	10 t/h→170 gr/h



<그림-3> swing spoon sampler

3. box type sampler

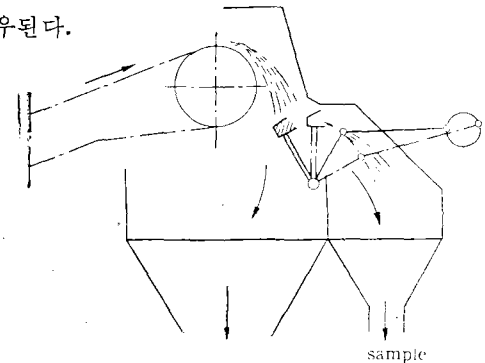
<그림-4>는 연속 회전하는 sampling box 에 의해 sampling 되는 구조를 하고 있다. 매회轉마다 1회씩 material flow 를 통과하게 되며 이때 시료가 채취되고 하부 flap valve 를 통해 인출된다. 채취되는 시료의 양은 回轉 속도, box 의 크기 및 box 의 수에 따라 조절된다.



<그림-4> sampling box type sampler

4. bucket type sampler

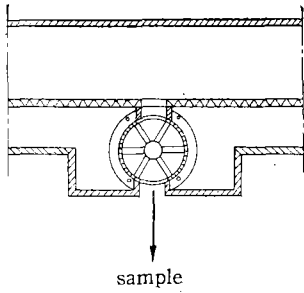
<그림-5>는 bucket type 의 sampler 로서 cement 공업에서 석탄 sampling 에 많이 이용된다. bucket 가 flow 되는 material 의 수巾에 걸쳐서 순간적으로 떠 내게 되는 구조하다. 시료의 양은 bucket 의 왕복 주기 및 크기에 좌우된다.



<그림-5> bucket type sampler

5. rotary feeder type sampler

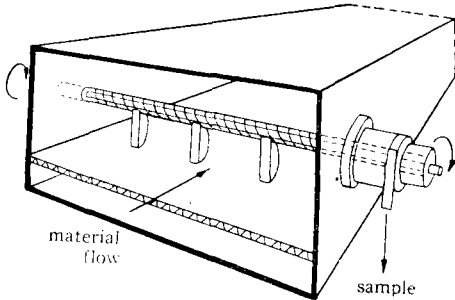
<그림-6>의 rotary feeder type sampler 는 Claudius Peters A.G 가 제안한 것으로 pneumatic conveyor (air slide) 의 하부 chamber 에 rotary feeder 를 설치한 구조로서 feeder 의 回轉 속도 및 크기로 시료의 양을 조절할 수 있으나 유동층의 저부만 sampling 된다는 단점을 가지고 있다.



<그림-6> rotary feeder type sampler

6. rotating shovel type sampler

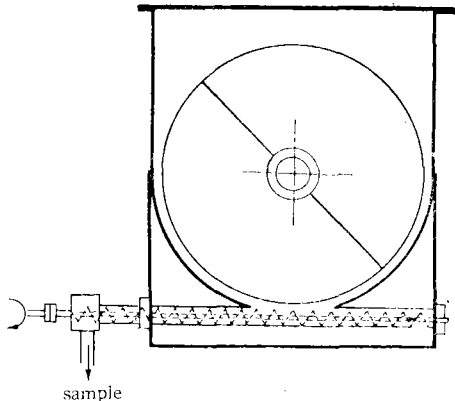
<그림-7>의 rotating shovel type sampler는 소형 screw conveyor와 rotating shovel이 한 set로 된 구조로서 air slide로부터의 sampling에 이용된다. rotating shovel과 소형 screw conveyor의 回轉軸은 서로 상이하며 별개로 동작되도록 되어 있다.



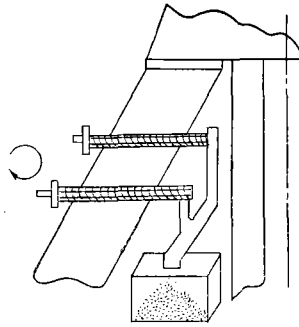
<그림-7> rotating shovel type sampler

7. screw conveyor type sampler

한대 혹은 수대의 소형 screw conveyor를 material flow에 설치하여 연속으로 시료를 채



<그림-8> screw conveyor type sampler (I)



<그림-9> screw conveyor type sampler (II)

취하는 구조이다.

<그림-8>은 screw conveyor 저부에 설치한 예이나 대개의 경우는 <그림-9>와 같이 chute에 많이 설치되며 소형 screw conveyor 한대로서 대표성 여부가 의심스러울 때에는 수대를 같이 설치할 수도 있다. screw conveyor의 回轉數 및 screw 노출부의 면적 크기로 채취되는 시료의 양을 조정하며 cement 공업에서 가장 많이 이용되는 type이다.

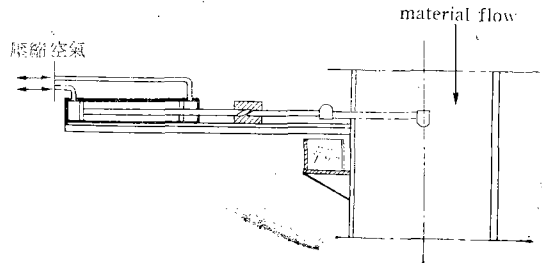
8. air cylinder type sampler

<그림-10> 및 <그림-11>은 air cylinder type sampler의 예이며 다소의 구조 차이는 있으나 다 같이 압축 공기로 왕복 운동을 시키는 공통점을 가지고 있다.

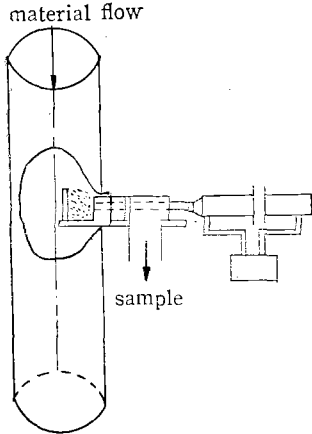
<그림-10>의 구조는 sampling box에 시료를 담은 後 일정 거리를 후퇴하여, 즉 시료 보관 box 위에서 180° 회전하여 시료를 붓게 되어 있다.

III. sampling 오차 分解의 例

II項에서는 automatic sampling device에 대한 기본 형태의 몇가지 예를 들었다.



<그림-10> air cylinder type sampler (I)



<그림-11> air cylinder type sampler (II)

각 공장의 실정에 알맞는 sampler를 채택하였더라도 과연 그 sampler에서 채취되는 sample이 母集團을 대표하고 있는가라는 의문점을 해소하고 sampling 과정, 조제 과정 및 측정 과정의 오차를 분해하여 상호의 관계를 알 필요가 있다.

다음에 통계적 수법을 이용한 각 과정의 오차 분해 방법 및 sampling 오차의 추구 방법에 대하여 mill cement의 initial setting time control의 실례를 들어 본다.

### 1. 시험 방법

#### 1) lot size

2시간 동안의 cement mill 생산량(160~200\$의 cement)

#### 2) sampling 방법

① mill belt scale 하부에 있는 chute에 소형 screw conveyor type sampler를 설치하여 연속 sampling한다.

② 2시간분을 모아 합병 시료로 한다(1kg).

③ 하루 중 random하게 어느 2시간분을 선정하여 sample로 취한다.

④ 매일 1회씩 2일간 sampling한다.

#### 3) 측 분

① 2시간 동안에 모인 약 1kg의 시료를 측 분기로 측분한다.

② 각각 2회 측정한다.

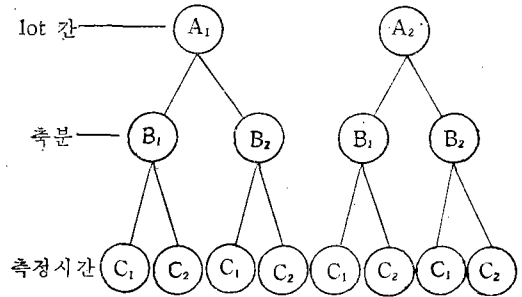
### 4) 측 정

① 난수표로 random한 순서로 측정한다.

② initial setting time을 측정한다.

### 5) 인자 수준의 diagram

통계적 수법(nested design)을 이용하며 이것을 도해하면 <그림-12>와 같다.



<그림-12> 인자 수준의 diagram

### 2. 시험 결과

<表-2> 시험 결과표 (單位: 分)

수 준	시험차별 인자	1 차 시험		2 차 시험	
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	245	250	200	270
	C <sub>2</sub>	230	260	195	265
B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	225	265	200	260
	C <sub>2</sub>	220	265	190	260

### 3. 分散分析: <表-3> 參照

### 4. 分散分解: <表-4> 參照

#### 1) 分散 計算 例(2차 시험의 경우)

$$① \hat{\delta}_E^2 = 18.8$$

$$② \hat{\delta}_{B(A)}^2 = \frac{\hat{\delta}_E^2 + 2\hat{\delta}_{E(A)}^2 - \hat{\delta}_E^2}{2} = \frac{31.5 - 18.8}{2} = 6.35$$

③  $\hat{\delta}_{in}^2$ 은 다음 식으로 구한다.

$$\hat{\delta}_{\bar{x}}^2 = \frac{\hat{\delta}_{in}^2}{n} + \hat{\delta}_{B(A)}^2 + \hat{\delta}_E^2$$

여기서

$\hat{\delta}_{\bar{x}}^2$ ; 각 인자 分散의 평균

$\hat{\delta}_{in}^2$ ; increment 간의 分散(sampling 分散)

<表-3>

分散分析表

	要因	ss	df	ms	F <sub>0</sub>	E(ms)	비고
1차 시험	A	1,850	1	1,850	11.4	$\delta^2_E + 2\delta_{B(A)} + 4\delta^2_A$	유의차 없음
	B(A)	325	2	162.5	3.7	$\delta^2_E + 2\delta^2_{B(A)}$	"
	E	175	4	43.8		$\delta^2_E$	
	계	2,350	7				
2차 시험	A	9,112	1	9,112	289**		고도로 유의차 있음
	B(A)	63	2	31.5	1.68		유의차 없음
	E	75	4	18.8			
	계	9,250	7				

註 ① A : lot 間  
 B(A) : 축분  
 E : 측정치間  
 ② 1, 2 차 分析工은 상이함.

<表-4> 分散分解表

	1 차 시험	2 차 시험
increment 間 ( $\delta^2_{in}$ )	0	0
축분 ( $\delta^2_{B(A)}$ )	59.45 (7.7)	6.35 (2.5)
측정치間 ( $\delta^2_E$ )	43.8 (6.6)	18.8 (4.3)
계	103.25 (10.1)	21.15 (5.0)

註 ① ( ) 內는 오차임.  
 ② lot 間 오차는 除外하였음.

n; increment 수

本例에서와 같이 연속 sampling 의 경우 n 는 무한대(∞)가 되며 따라서  $\delta^2_{in}=0$  이 된다.

5. 고찰

- 1) 축분 과정에서는 分析工에 따라 다소의 차이가 있으나 分散分析 결과 95% 신뢰율로 유의차가 없으므로 문제되지 않는다.
- 2) 分析工에 따른 측정 오차는 1 차 시험에서 6.6, 2 차 시험에서 4.3 으로 검정 결과 유의차가 없다(F 대응 검정).
- 3) 따라서 본 측정 방법 및 sampling 방법을 그대로 표준화하였다.

IV. 綜 合

과거에는 sampling 에 대한 관심의 도가 分析 혹은 測定에 비해 낮은 편이었다. 따라서 sam-

pling 에 대해서는 별로 신경을 쓰지 않았으며 연구 대상에서 제외되어 왔었으나 process control(공정 관리), quality control(품질 관리)에서의 sampling 의 중요성이 인식되면서 sample 의 母集團에 대한 대표성이 문제됨과 아울러 sampling 방법에 대해서도 많은 연구를 하고 있는 실정이다.

상기 II 項에서는 cement 公業에서 많이 채택되고 있는 수송 장치 종류별(belt conveyor, air slide, bucket elevator 및 screw conveyor 등), material 종류별(coarse material, fine material) 및 sampling 이 연속적이냐 단속적이냐 하는 등에 따른 automatic sampler 들을 소개하였다.

disc sampler, swing spoon type, sampling box type 및 bucket type 은 belt conveyor 로부터 coarse material sampling 에 많이 이용되고 rotary feeder type, rotating shovel type, screw conveyor 및 air cylinder type 은 fine material sampling 에 이용되고 있다.

어느 sampling device 의 경우나 채취된 sample 이 그 모집단을 대표하느냐 않느냐 하는 문제는 통계적 수법을 이용하여 별도로 검정해 보아야 한다. 즉 sample 을 채취하여 축분(조제), 分析(측정)을 했을 경우 각 과정의 오차(sampling 오차, 축분 오차, 측정 오차 등)를 분해하여 채택하고 있는 sampling device 의 sampling 오차가 기술적으로 허용하는 범위내에 들도록 하는 것이 중요하다. III 項에서는 이의 분해 방법 및 추구 방법의 예를 나타내었다.