

# 鑄物砂의 管理를 위한 試驗法

崔 昌 鈺\*

〈表 1〉 國內自然砂의 化學成分

단위 : 중량 %

명칭	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ig. loss
관악사 (60目)	65.3	17.2	1.66	0.30	0.15	4.28	3.77	2.5
과천사 (60目)	65.9	16.9	1.74	0.31	0.12	4.94	5.35	1.5
용인사	89.4	4.70	1.41	0.13	0.19	2.77	0.70	1.0
월성사 2호	71.0	14.0	1.21	0.22	0.25	5.62	3.58	1.5
의창사	85.9	7.36	1.22	0.20	0.18	2.36	0.78	1.0
동해4호사(B)	80.4	8.73	1.76	0.23	0.20	2.61	1.05	1.0
용호사	76.1	10.5	3.64	2.52	0.39	3.20	1.05	0.5

자료 : 제 4 회 주물기술세미나교재 (1977)

## 1. 머리말

鑄物은 所定の 形狀을 가진 鑄型에 용융金屬을 주입, 응고시켜 만든 것으로 鑄型을 이루고 있는 鑄物砂는 一般的으로 耐熱性を 지배하는 砂粒과 粘結劑 또는 필요에 따라서 사용되는 添加劑 등으로 구성된 混合物로서 이들의 品質은 健全한 鑄物을 만들 수 있는 鑄型이 될 수 있는 조건을 구비해야 하므로 鑄物砂를 調製함에 있어서 試驗을 통하여 管理를 해야 할 것이다.

그러므로 鑄物砂는 試驗을 하므로 ① 鑄型材料費를 低下, ② 不良率을 감소 ③ 鑄物表面을 向上시킬 수 있는 利點이 있다.

鑄物砂의 管理를 위한 試驗法은 여러 가지 方法들이 오래 전부터 사용되고 있으나 鑄型材料 및 造型機의 발달과 더불어 새로운 砂試驗法들이 추가되어 사용하고 있다.

## 2. 原料의 試驗法

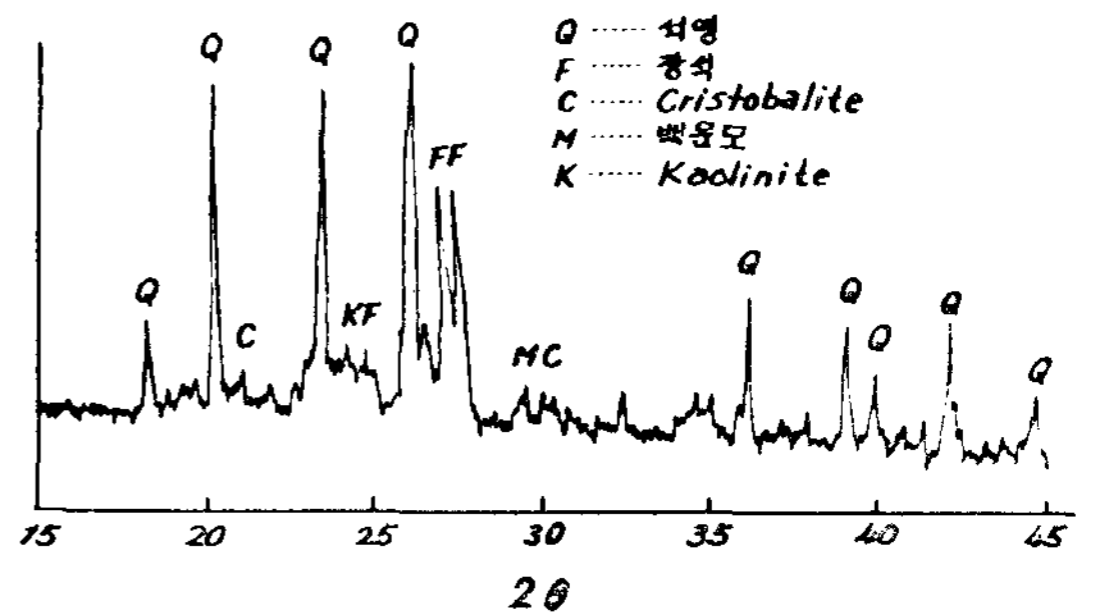
### 2-1. 砂粒의 試驗

#### 1) 分析試驗

化學分析은 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, ZrO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등의 成分을 測定한다.

X線回折은 粉末試料를 사용하여 鑄物組成을 확인한다.

國內自然砂의 化學成分例를 표 1에 나타내며 또한 自然砂의 X線回折圖를 그림 1에 표시한다.



〈그림 1〉 自然砂의 X線回折圖(粘土를 除外)

#### 2) 粒度試驗

粒度分布는 標準체 (sieves)와 Ro-tap 型세이커 (shaker) (그림 2)를 사용하여 測定하며 粒度指數 (fineness no.)는 粒度分布 결과에 따라서 粒度係數를 사용하여 다음 式으로 산출한다 (KS A 5302).

$$\text{粒度指數 (F. N.)} = \frac{\sum (W_n \times \delta_n)}{\sum W_n}$$

\*韓國科學技術研究所 鑄物技術센터 先任研究員

〈표 2〉 各國 체의 標準

KS		ISO	U. S. A		JIS		BS		DIN	
체구멍 (microns)	Mesh No	체구멍 (microns)	체구멍 (microns)	Mesh No	체구멍 (microns)	Mesh No	체구멍 (microns)	Mesh No	체구멍 (mm)	Mesh No
3360	6		3360	6	3360	6			3.0	3
2380	8	2000			2380	8				
1680	12	1400	1680	12	1680	10	1676	10	1.50	4
1190	16	1000			1190	14				
		1000					1003	16	1.00	6
841	20		841	20	840	20				
		710					699	22		
595	30		590	30	590	28			0.60	10
		500					500	30		
420	40		420	40	420	35			0.40	16
		355					353	44		
297	50		297	50	297	48			0.30	20
		250					251	60		
210	70		210	70	210	65	211	72	0.20	30
		180								
149	100		149	100	149	100	152	100	0.15	40
		125								
105	140		105	140	105	150	104	150	0.10	60
		90								
74	200		74	200	74	200	76	200	0.075	80
		63							0.060	100
53	270		53	270	53	270	53	300		
		45								

여기서  $W_n$  : 각 체위에 있는 砂의 重量

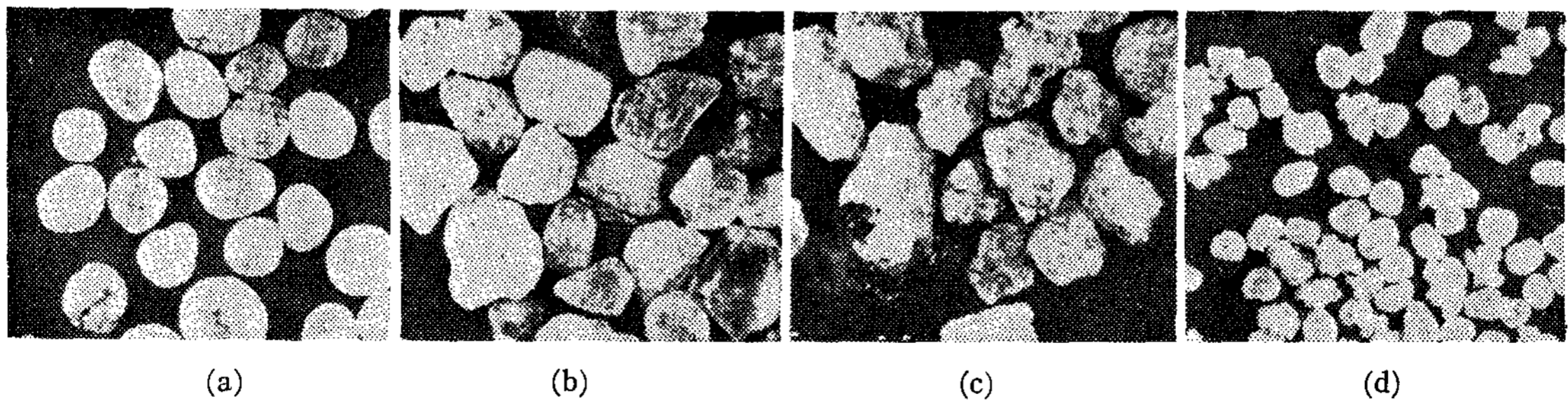
$\delta_n$  : 粒度係數

各國에서 사용하는 체의 標準은 표 2와 같으며 粒度係數(multiplier)는 표 3과 같다. 표 4에 國內 自然砂의 粒度分布예와 A.F.S. 粒度指數(A.

F.S. fineness number)를 나타낸다.

3) 粒形試驗

一般으로 砂粒의 粒形은 미국주물협회(A.F.S.)의 분류법인 圓形(rounded sand grains), 準角形(subangular sand grains), 角形(angular



(a) Rounded Sand Grains (b) Subangular Sand Grains (c) Angular Sand Grains (d) Compound Sand Grains

〈그림 2〉 AFS의 砂의 粒形 분류

〈表 3〉 各國에서 사용하는 粒度係數

KS		U. S. A.		JIS		B. S.		DIN	
Mesh No	Multiplier	U. S. Sieve No	Multiplier	Mesh No	Multiplier	Mesh No	Multiplier	Mesh No	Multiplier
6	5	6	3	10	11			4	6
8	8					10			
12	11	12	5	14	16			6	9
16	16					16	8		
20	22	20	10	20	22			10	17
						22	15.5		
30	32	30	20	28	32	30	25	16	31
40	45	40	30	35	45				
						44	34.5	20	41
50	63	50	40	48	63				
						60	45		
70	89	70	50	65	89			30	52
						72	55		
100	126	100	70	100	126	100	68.5	40	71
140	178	140	100	150	178				
						150	98	60	103
200	253	200	140	200	253	200	140	80	146
270	357	270	200	270	357			100	186
						300	192		
pan	620	pan	300	pan	620	pan	300	pan	281

〈表 4〉 國內自然砂의 粒度分布例

단위 : 중량 %

산지명	Sieve Number (mesh)												AFS 粘土分	AFS 입도 지수
	6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270	Pan		
관악사(60目)	—	—	—	0.6	11.2	14.4	10.2	12.6	8.0	8.0	3.4	10.2	21.4	101.4
과천사(60目)	—	—	—	0.2	5.4	14.0	11.8	16.6	10.6	10.0	5.8	11.4	14.2	110.9
용인사	—	—	0.2	0.2	0.8	3.8	6.2	15.6	15.2	18.0	8.6	24.4	7.0	157.6
월성2호사	—	—	0.2	0.2	1.0	4.8	8.6	19.2	18.0	20.2	7.4	8.6	11.8	121.2
의창사	—	—	—	—	0.6	8.8	32.0	42.0	4.2	1.2	0.4	1.0	9.8	65.2
동해4호사(B)	—	—	—	—	0.2	3.0	21.2	56.8	3.8	1.4	0.6	1.6	11.4	71.5
용호사	—	—	0.2	0.2	0.2	0.4	0.8	3.6	17.4	43.8	16.2	9.4	7.8	154.6

자료 : 제 4회 주물기술세미나(1977)

sand grains) 및 複合形(compound sand grains)의 4종류로 분류하나(그림 3) 또 다른 방법으로는 圓形, 角形, 多角形, 尖角形, 尖偏角形의 5종류로 분류하는 경우도 있으며 이는 현미경에 의하여 관찰한다.

粒形係數는 유리球와 비교하여 ① 通氣法 ② 流動法 ③ 遠心分離法에 의하여 구하기도 한다.

4) 比重測定

眞比重은 비중병을 사용하여 測定한다. 부피비중(bulk density)는 一定높이로부터 용기에 낙하할 때 容量과 重量으로부터 산출한다.

5) pH 測定

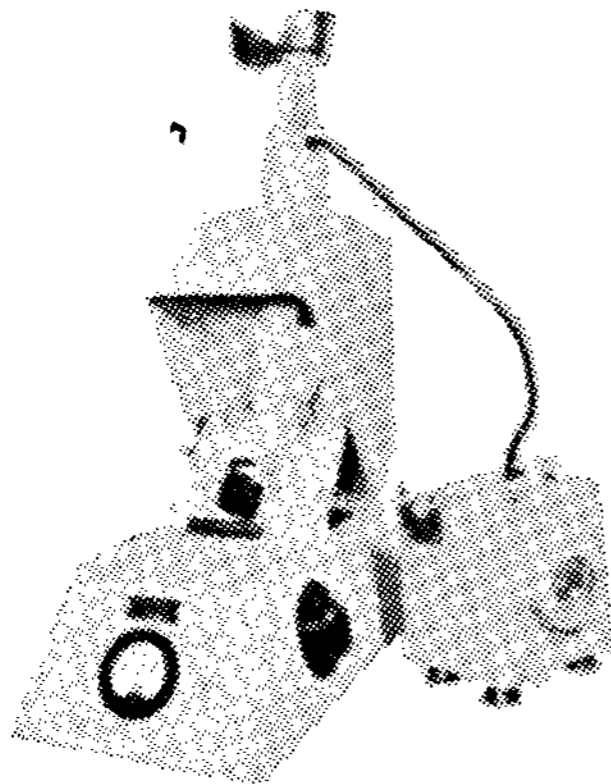
후란(furan)수지등 有機粘結劑를 사용하는 鑄物砂의 強度는 砂粒의 pH 값에 의하여 左右된다. 또한 普通의 粘土粘結砂에서도 pH 조절에 의하여 強度를 改善하는 것으로 알려져 있다.

현재 사용되고 있는 pH 測定法은 물의 pH 를 測定하여 이것을 約 N/200의 HCl 또는 NaOH 에 의하여 적당히 조절하여 pH=7의 물을 만든다(일반으로 물은 炭酸을 함유하여 pH=5~7이다. 그러나 約 N/200 NaOH 를 물 1l 에 대하여 3~5 cc 를 加하면 pH=7이 된다) 다음은 건조한 모래 20 gr 를 포리에치렌製의 beaker 에 취하여 純水(pH=7) 50 cc 를 加하여 室温(20~25°C)에서 30분간 교반하여 상등액의 pH 를 pH meter 에 의하여 測定한다.

#### 6) 耐火度試驗

내화도는 試驗 cone 과 標準 cone 와를 80度傾斜지게 빨리 加熱하여 비교측정한다(KSL 3505).

溶着(sintering)試驗은 標準試驗片에 白金 ribbon 를 170 gr 의 하중에서 접촉하여 소정 溫度에서 砂粒 또는 粘結劑의 溶着현상을 관찰한다. 溶着點測定은 sinter meter(그림 4)을 사용한다.



<그림 4> Sinter Meter

#### 7) 強熱減量測定

粉碎試料를 白金도가니에 넣어서 約 1,000°C 에서 30分間 強熱하여 減量을 測定한다(KS A 5306).

國內 自然砂의 強熱減量測定 結果를 표 1에 표시하였다.

#### 8) 破碎性試驗

Sand mill, sand rammer, 壓縮試驗機를 사용하여 一定조건하에서 試驗한 시료의 粒度分布, 粒度指數를 조사한다.

### 2-2. 粘結材의 試驗

#### 1) 粘土의 試驗

化學分析, 強熱減量, X線回析, 膨潤度, 懸湯度, 砂泥分, 示差熱分析, 比重, 粒度 등의 試驗을 行한다.

#### 2) 규산소오다의 試驗

比重, 水不溶分, 산화제 2철, SiO<sub>2</sub> 및 Na<sub>2</sub>O 分析, 水分, mol 比, 규산소오다 중의 有機物함유량, Bé 등의 試驗을 行한다.

#### 3) 웨놀레진試驗

水分, 灰分, 흡습, 粒度, 流動度 軟化點 및 融點, 겔화時間, 剪斷強度 등의 試驗을 行한다.

#### 4) 시멘트試驗

比重, 粉末度, 凝結, 安定性, 強度의 物理試驗 및 化學分析, 水和熱測定 등의 試驗을 行한다.

#### 5) 鑄型用澱粉試驗

澱粉의 品質試驗法은 여러 가지가 있으나 간단한 試驗法으로 糊化試驗, 灰分試驗, pH 試驗, 冷水可溶成分試驗, 老化試驗, 膨潤度測定 등을 한다.

## 3. 鑄型으로서 基礎試驗法

### 3-1. 水分測定

鑄物砂에 있어서 더욱이 粘土類를 粘結劑로 하는 鑄物砂에 있어서 水分의 함유량은 粒度 이외에 砂型의 성질에 크게 영향을 미치므로(그림 10) 水分의 多少는 鑄物不良의 發生原因이 된다.

鑄物砂의 水分測定法은 다음과 같은 두가지 方法으로 분류된다.

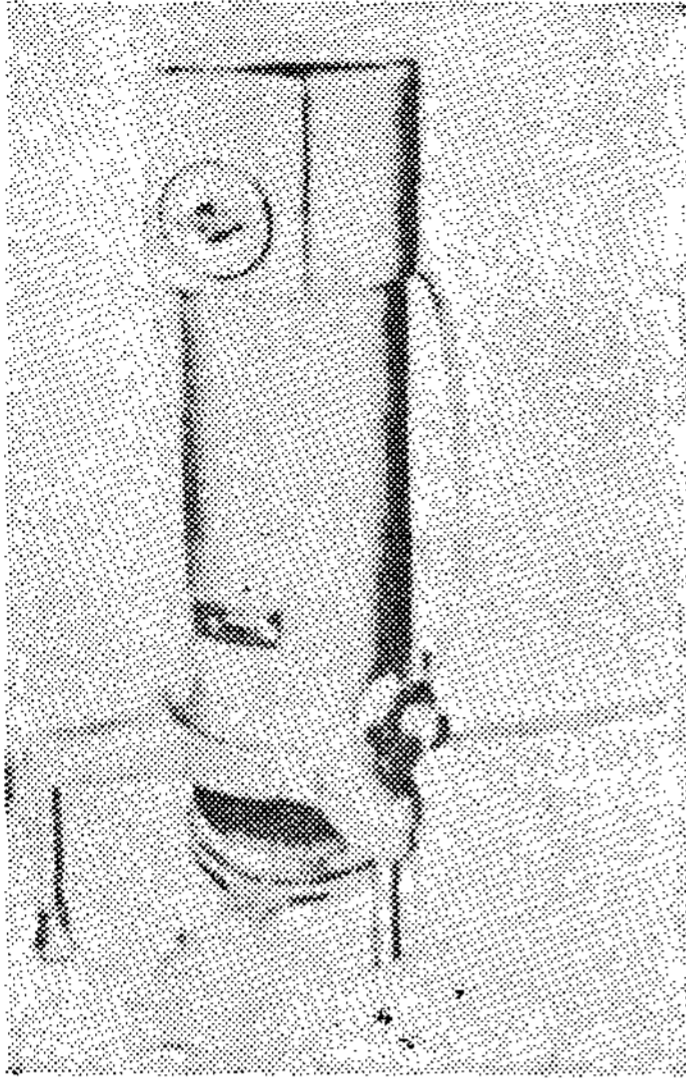
#### 1) 標準試驗法

일반적으로 가장 많이 사용하는 方法으로서 시료(보통 50gr를 사용)를 건조로에 넣어 105±5°C 의 溫度에서 1~2시간동안 건조하여 데시게이터에서 냉각 후 평량하여 이 때 무게 감량을 수분 함유량으로 한다(KS A 5305).

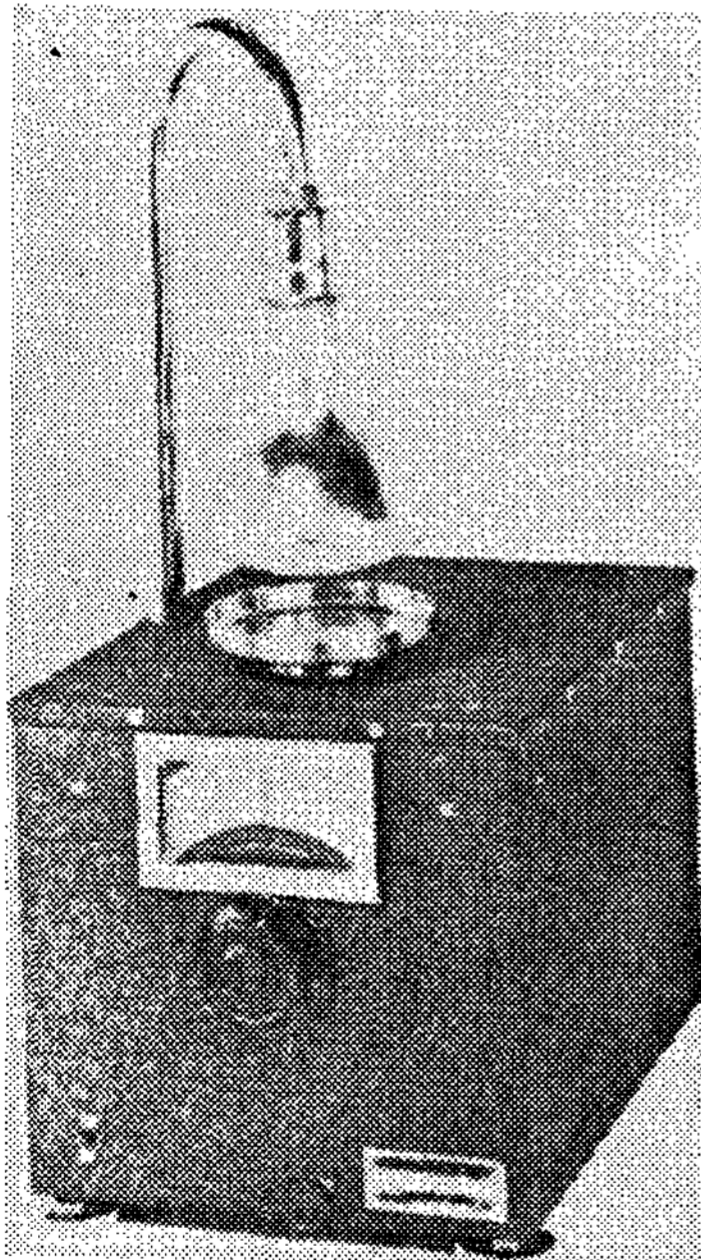
이 方法은 器具도 비교적 간단하며 조작도 용이할 뿐만 아니라 측정치도 정확하다. 그러나 水分을 증발하는데 긴시간을 요하는 결점 때문에 鑄物工場의 作業現場에서 즉시 水分을 측정할 수가 없다.

#### 2) 迅速試驗法

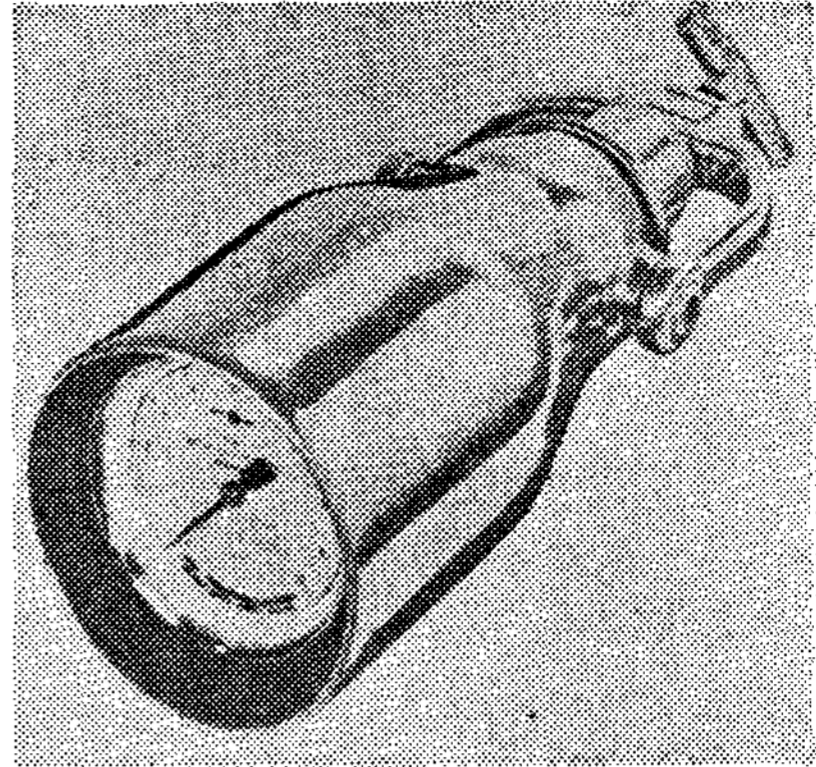




(a) 熱風法



(b) 赤外線法



(c) 카바이트法



(d) 電氣法

〈그림 5〉 각종 迅速水分測定機

水分의 標準試驗法은 水分함유량 측정에 있어서 긴시간을 요하므로 단시간내에 水分량을 측정하기 위하여 다음과 같은 여러 가지 方法들을 사용하고 있다(그림 5).

가. 熱風法

熱風을 乾燥器에 보내므로서 건조를 행하는 방법으로서 보통 그림 5(a)와 같은 迅速水分測定器

(moisture teller)를 사용한다. 標準法의 1/10~1/15 時間에서 測定을 할 수 있다.

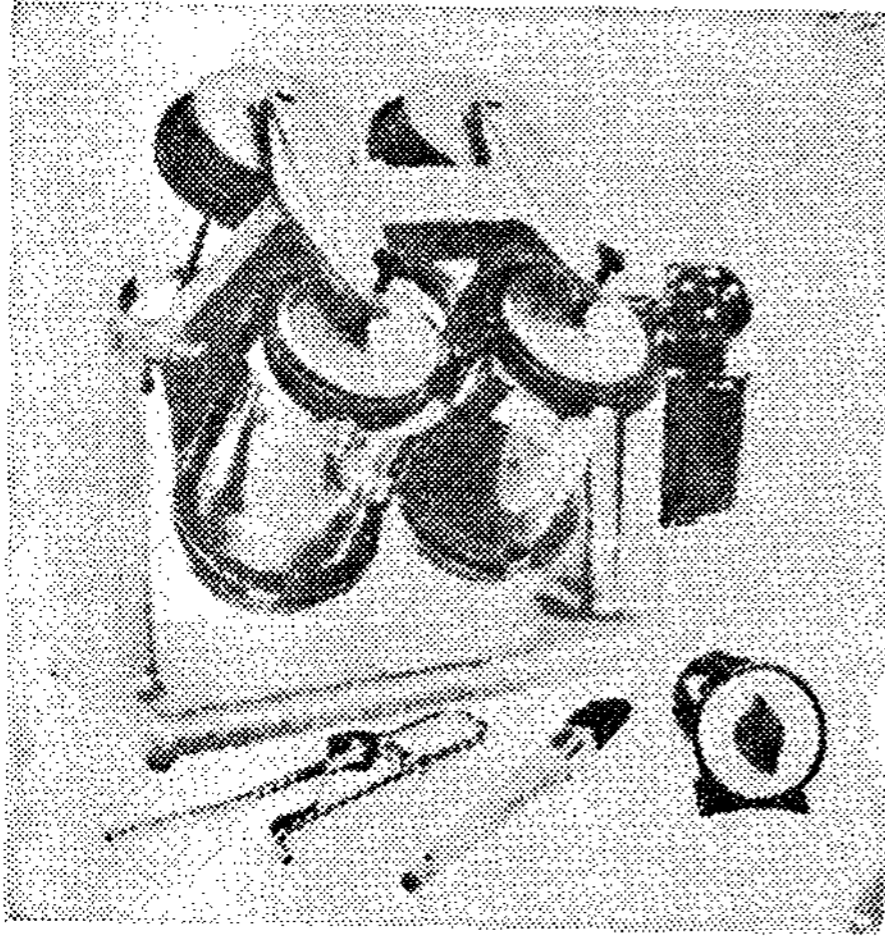
나. 赤外線加熱法

赤外線램프의 복사를 이용하여 측정을 하는 방법으로서 構造은 여러 가지 형식이 있다.

다. 카-바이트法

밀폐된 용기내에서 鑄物砂에 함유된 水分을 칼슘카-바이트( $CaC_2$ )에 작용하여 아세치린가스를 발생하여 가스壓力의 크기에 따라 水分의 함유량을 測定하는 方法이다.

이 方法은 시료의 취급이 빠르면 2~3분간에 水分의 測定이 될 수 있으나 精確도는 다른 방법보다 떨어지므로 대량의 水分량을 측정하는데 좋

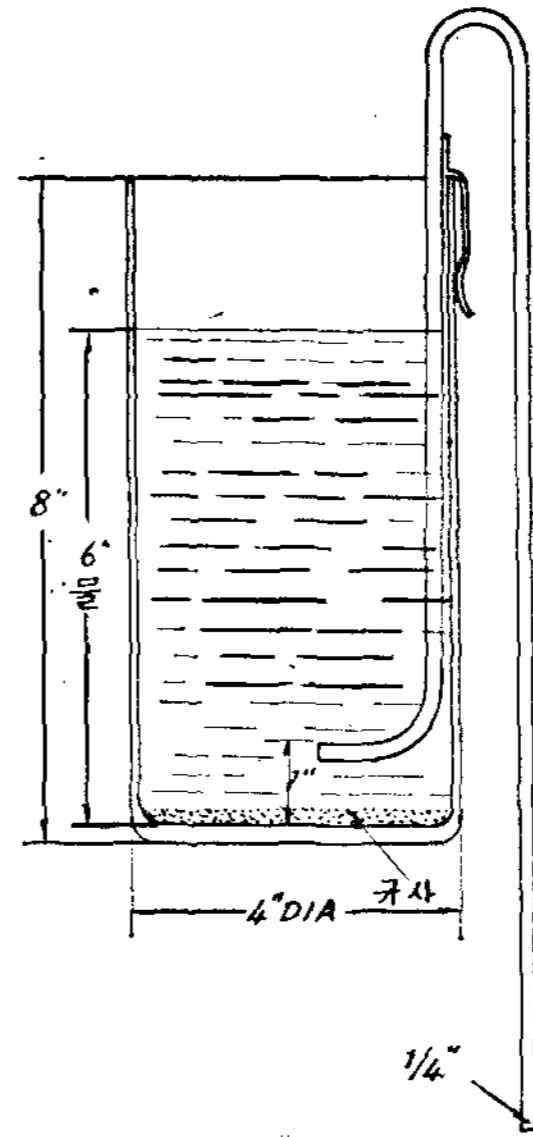


〈그림 6〉 Rotating Sand Washer

다.

라. 電氣法

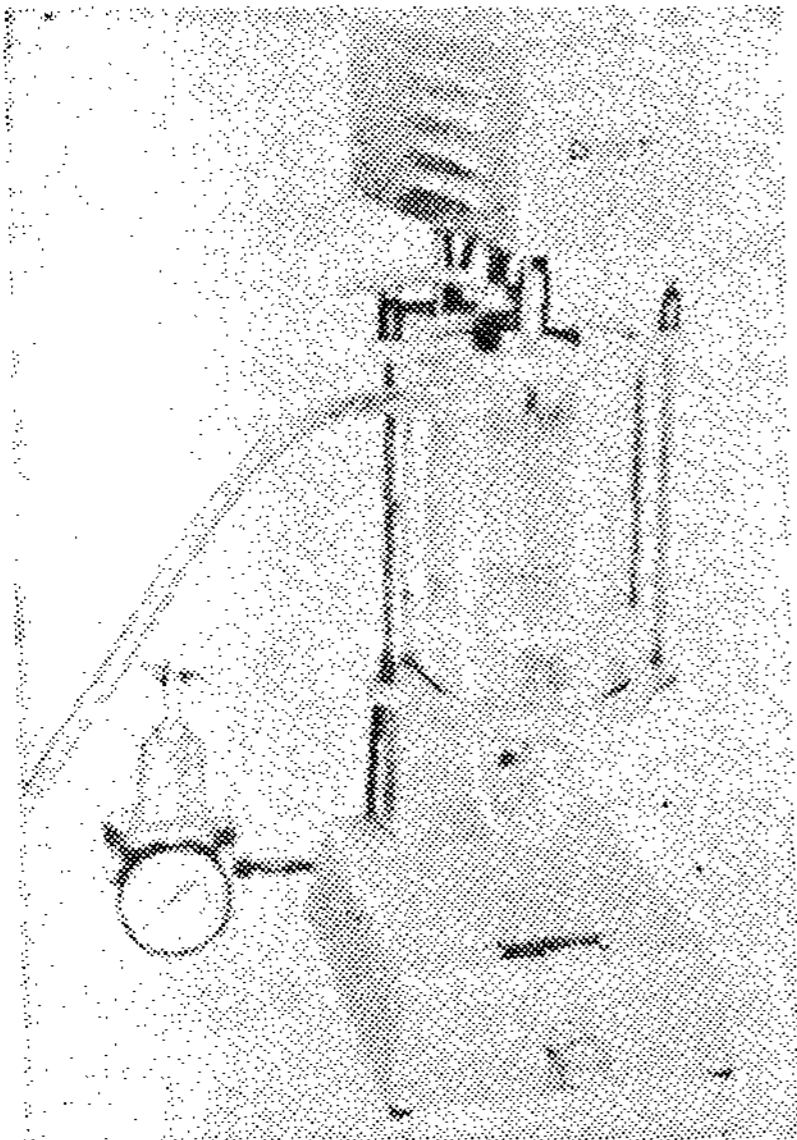
이 方法은 電氣抵抗을 測定하는 것과 電氣容量을 측정하는 것이 있다. 어느 경우던 砂중의 水分量에 의하여 電氣抵抗이나 電氣容量이 변화하는 것을 이용한 것으로 砂의 다짐정도나 添加物 등에 의하여 측정값이 변동되므로 측정에 있어서 충분히 주의를 해야 한다.



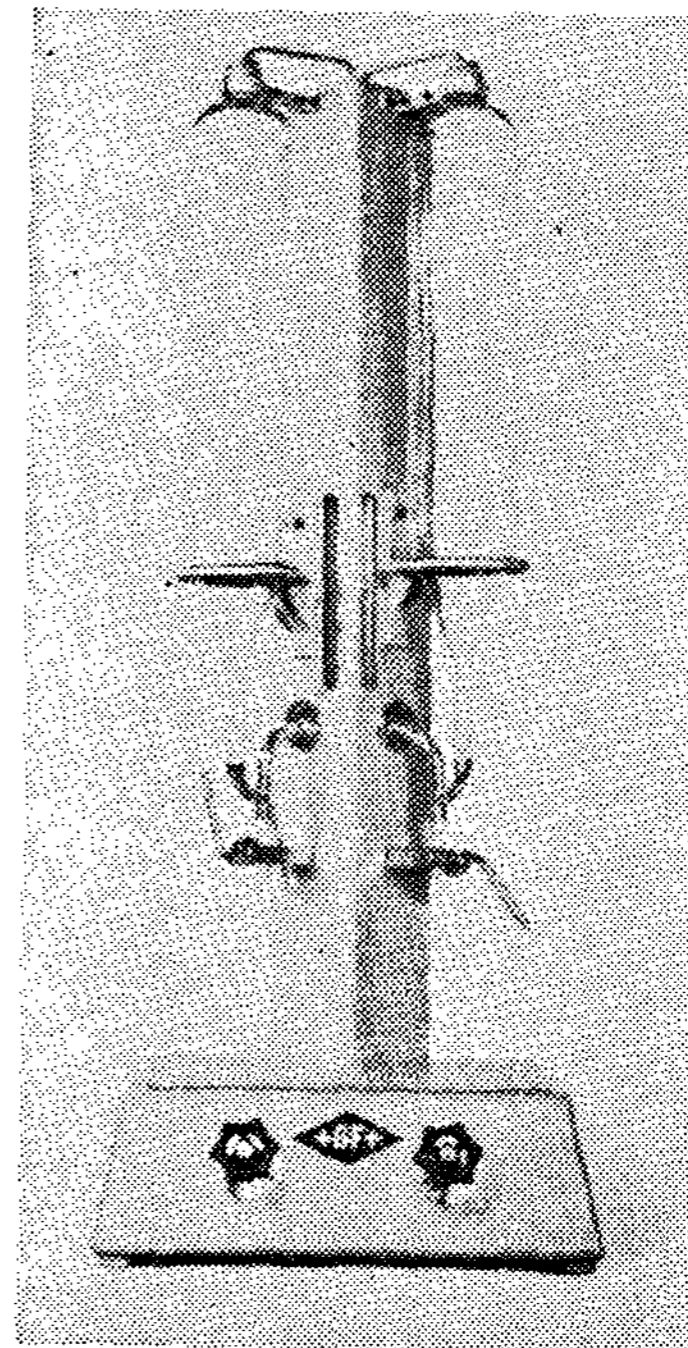
〈그림 7〉 Syphon에 의한 粘土分分離法의 장치도

3-2. 粘土分測定

鑄物砂의 強度는 粘土分과 밀접한 관계가 있으므로 정기적으로 試驗을 하며 또한 自然砂는 粘土分の 多少가 砂의 성질에 크게 영향을 미치므로 入荷時에는 試驗을 할 필요가 있다.



〈그림 8〉 여러 가지 연속 粘土分 분리기





여기서 말하는 粘土分이라 함은 眞粘土分(true clay) 혹은 活性粘土分(active clay)만을 뜻하는 것이 아니라 직경이  $20\mu(0.02\text{ mm})$  혹은  $0.00\text{ inch}$  보다 작은 粒子로서 물에 부유하여 流出되는 물질의 총계를 말한다. 이를 A.F.S. (American Foundrymen's Society) clay 라고 구별해서 말하기도 한다.

粘土分の 측정은 건조한 시료 50 gr 를 평량하여 分散法에 의하여 粘土分과 矽砂粒子를 分散시킨 후 分離法으로 粘土分을 分離한다. 粘土分을 分離한 후에는 잔유한 矽砂粒子를  $105\pm 5^\circ\text{C}$ 의 溫度에서 건조하여 常溫이 될 때까지 데시케이터에서 냉각 후 평량하여 이 때 무게 감소량을 粘土分으로 한다(KS A 5301).

粘土分을 測定하기 위한 分散法과 分離法에는 다음과 같은 方法들이 있다.

- 1) 分散法
  - ① 回轉式水洗機에 의한 方法(그림 6)
  - ② 비 등에 의한 方法
  - ③ 攪拌式水洗機에 의한 方法
- 2) 分離法
  - ① Syphon에 의한 方法(그림 7)
  - ② 연속粘土分水洗機에 의한 方法(그림 8)

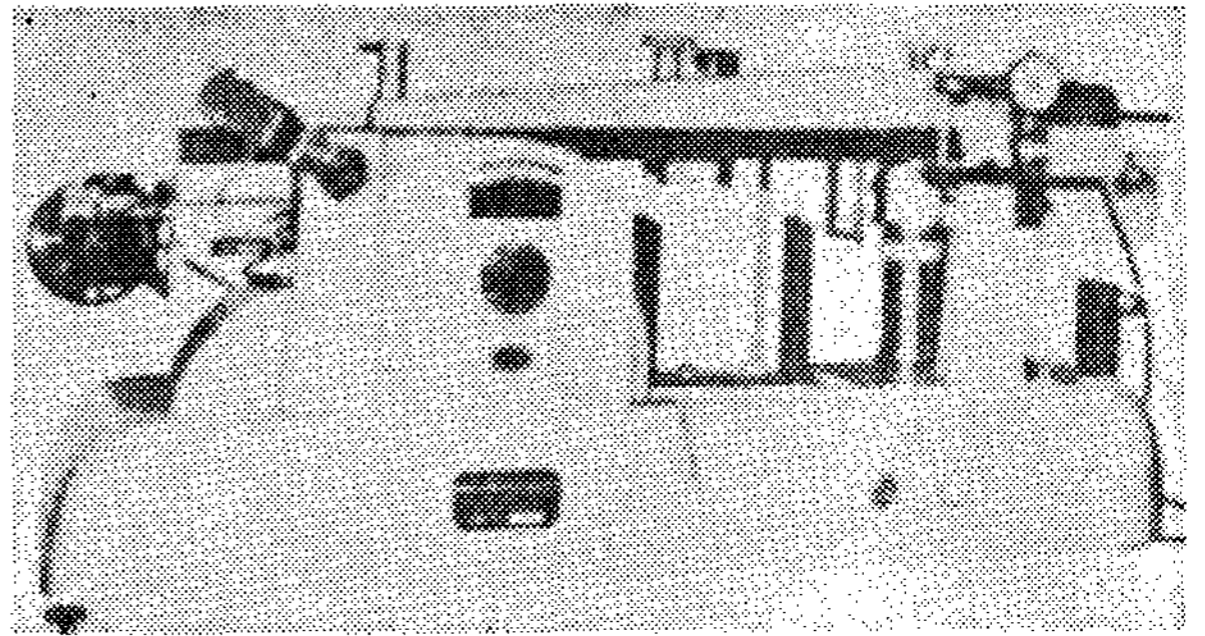
그러나 이들 粘土分の 測定을 위한 分散法 중 에서 國內 自然砂의 경우는 攪拭式水洗機(rapid sand washer)에 의한 方法은 砂粒를 분쇄하는 결과를 가져오므로 적당하지 못하다.

國內 自然砂의 粘土分測定 결과를 표 4에 나타낸다.

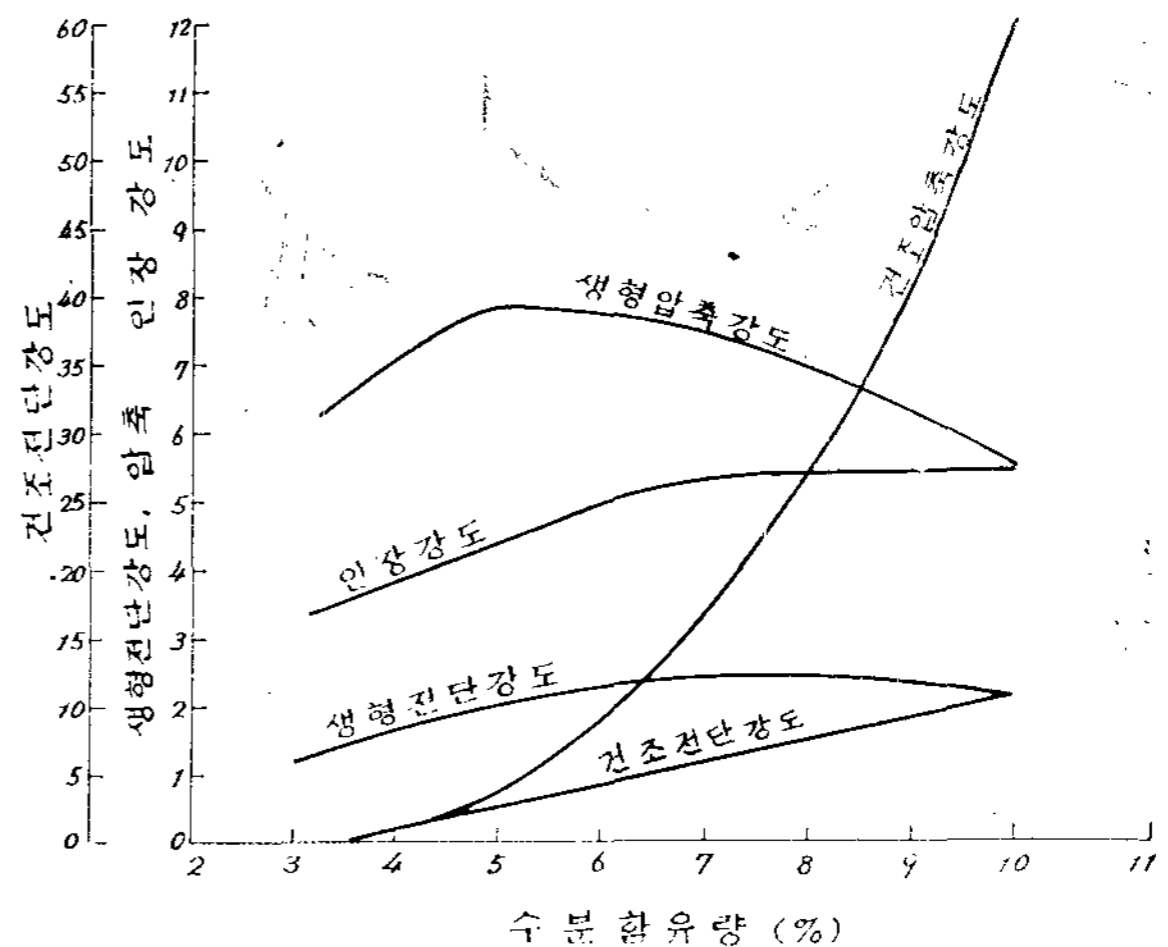
### 3-3. 壓縮強度試驗

鑄物砂는 주로 砂粒과 粘結劑로 된 集合體이므로 균일한 固體가 아니므로 固有의 強度가 없으며 水分混練조건, 혼련 후 방치조건 및 다짐의 強弱 등에 의하여 변화한다.

그러나 이들 조건을 一定하게 할 때 強度를 측정하는 것은 일정 製品을 만들 때 管理수단으로써 대단히 중요하다. 生型에서는 木型을 빼낼 때 조각부 등이 붕괴하지 않을 정도의 強度, 鑄型의 운반하나 型合하는 경우에 型이 붕괴하거나 形狀 變수가 변하지 않을 정도의 強度, 鑄込할 경우



〈그림 9〉 萬能鑄物砂試驗機



〈그림 10〉 주물사의 水分 함유량과 強度와의 관계

砂가 셋기여 나가지 않은 정도의 強度, 용융金屬의 壓力에 견딜 수 있는 정도의 強度가 필요하다.

鑄型 및 中子의 強度에는 種類가 많아서 壓縮 強度(compressive strength), 抗折強度(transverse strength), 剪斷強度(shear strength), 引張強度(tensile strength)의 試驗을 하며 또한 生型의 경우는 生型強度, 乾燥型의 경우는 乾燥 強度와 방치강도 등이 있다. 이들 중 가장 일반적으로 하는 것이 壓縮強度試驗이다.

압축강도시험은 標準試驗片( $50\text{ mm}\phi \times 50\text{ mmh}$ )를 作成하여 이를 규정의 조건(生型, 乾燥 또는 방치)에 따라 만능주물사시험기(universal sand strength machine)(그림 9)에 의하여 測定한다(KS A 5304).

그림 10에 水分의 함유량과 強度測定 결과를 나타낸다.

### 3-4. 通氣度試驗

熔融金屬을 鑄型에 鑄込하는 경우 熔融金屬 자체에 용해된 가스, 鑄型의 水分, 粘土의 結晶水로부터 발생하는 수증기, 鑄物砂에 添加한 가연 물질의 연소가스 등을 단시간에 鑄型을 통하여 외부로 방출하여야만 한다. 만일 이들 가스가 외부로 나가지 않으면 背壓을 높게 하여 용융금속의 流入을 低下하여 용융금속 보다도 크게 되어도 용융금속 중에 존재하여 鑄物에 不良을 發生한다. 一般的으로 砂粒의 粒形이 圓形인 경우는 通氣度가 양호하며 多角型의 경우는 通氣度가 나쁘다. 또한 粘土分이 많고 水分이 많으면 通氣度가 나쁘다.

通氣度の 測定法은 標準試驗片(50 mmφ×50 mmh)으로서 室溫에서 一定壓에 있는 2,000 cc의 공기가 試驗片을 통과 배출하는 時間과 壓力에 의하여 通氣度を 산출한다(KS A 5303).

$$\text{通氣度(Permeability)} = V \times h / p \times A \times t$$

여기서  $V$ : 시험편을 통과하는 공기량(一般으로 室溫大氣壓에서 2,000 cc)

$h$ : 시험편의 높이(cm) ( $5.0 \pm 0.1$  cm)

$p$ : 시험편의 上面과 下面의 壓力차(수주 cm)(일반으로 통기도가 0의 경우는  $p = 10$  cm 로 되게 조절한다)

$A$ : 시험편의 단면적  $\text{cm}^2$

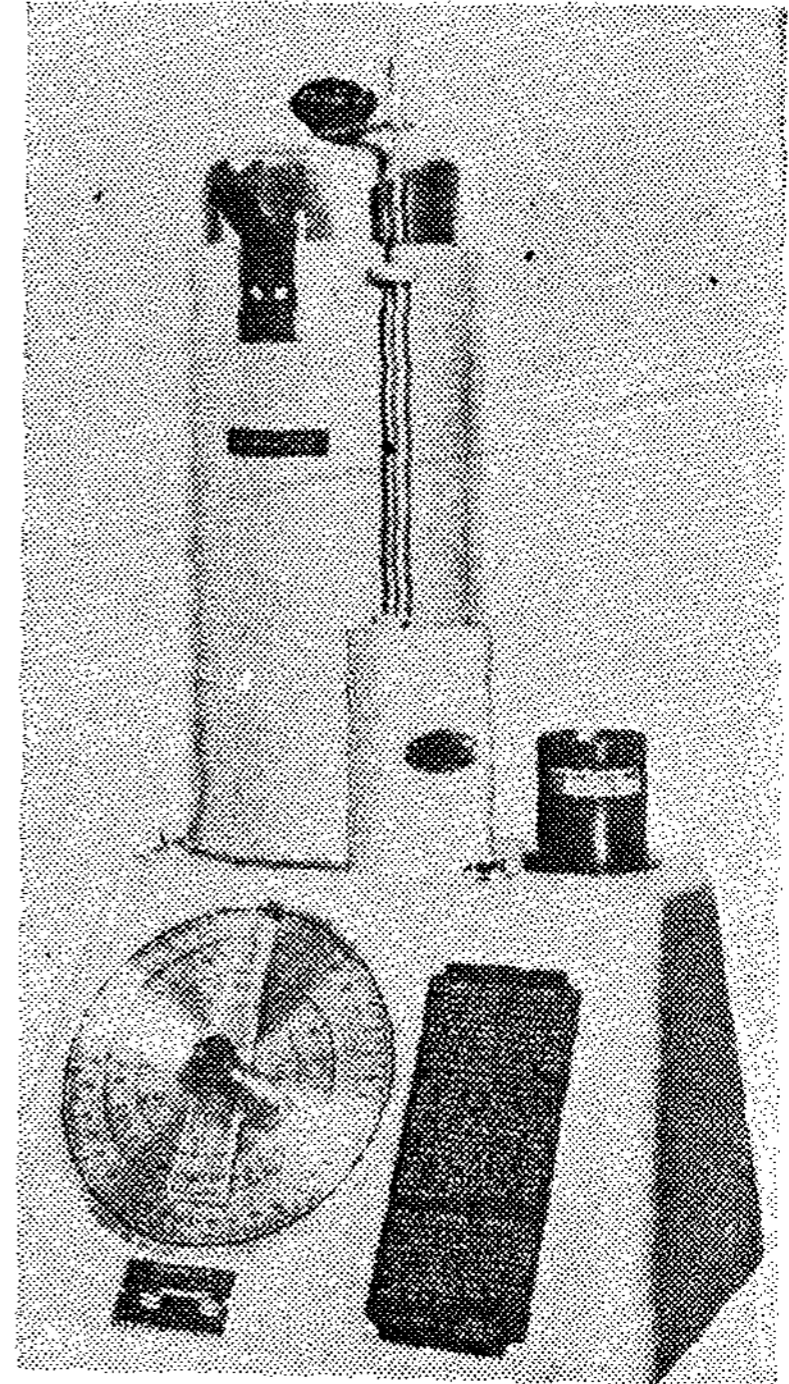
$t$ : 2,000 cc의 공기량을 배출하는데 요하는 시간(min)

그러나 실제 직접 측정이 가능한 通氣度試驗機(그림 11(a))가 있으며 또한 水柱 10 cm의 壓力에서 공기를 보내는 電氣式(그림 11(b))도 있다. 이외에 orifice를 사용한 것도 있다.

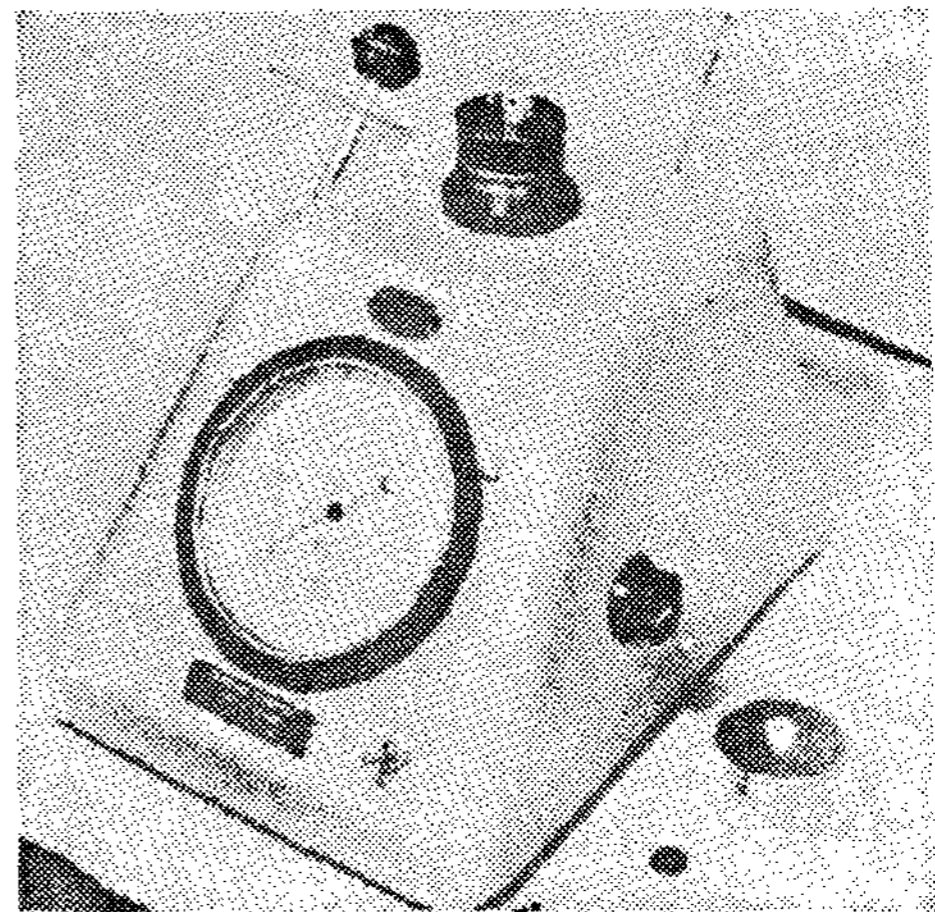
鑄物砂의 通氣度は 조건에 따라 基本通氣度(base permeability), 生型通氣度, 乾燥通氣度, 熱間通氣度 및 中子通氣度 등으로 구분한다.

### 3-5. 硬度試驗

鑄型砂의 다짐정도 즉 鑄型表面의 硬度를 測定하는 것으로 乾燥型에는 그다지 使用하지 않으나



(a) Permmeter



(b) Electric Permmeter

<그림 11> 鑄物砂의 通氣度試驗機

주로 生型의 경우에는 現場管理의 수단으로서 이용하고 있다. 一般的으로 生型砂의 경우 硬度는 手造型 40~60, 機械造型 70~85, 高壓造型에서는 90 이상의 범위로 보통 사용하고 있다.

硬度試驗은 鑄型表面에 硬度計(그림 12)를 놓



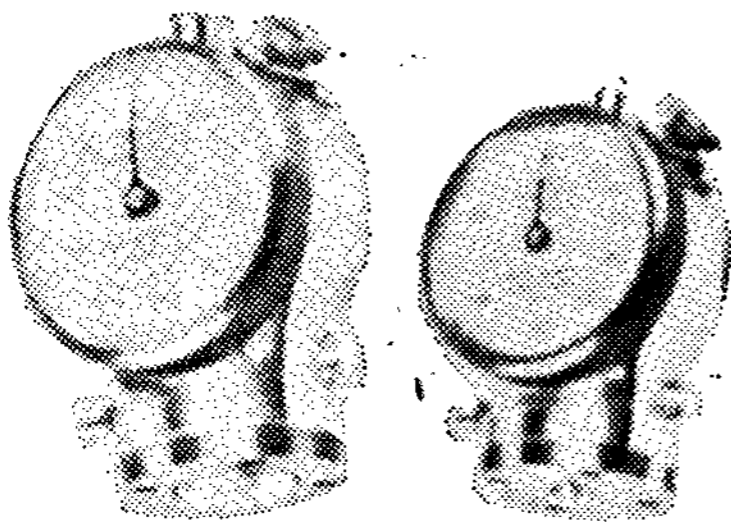
러서 나타나는 눈금으로 측정하는 方法으로서 경도값에 따라서 다음과 같이 鑄型을 구분하기도 한다.

Type of Mold	Hardness
Very Soft Rammed Mold	20~40
Soft Rammed Mold	40~50
Medium Rammed Mold	50~70
Hard Rammed Mold	70~85
Very Hard Rammed Mold	85~100

硬度試驗器는 표 5와 같은 것이 있다.

〈표 5〉 각종 경도계

	新東工業 (日本)	大洋鑄機 (日本)	Dietert (B) (미국)	Dietert (C) (미국)	Geroge Fischer (스위스)
스프링 先端半徑 (mm)	coil 2.54	coil 2.5	coil 12.7	板스프링 5(원추)	coil 10
눈금 100 의 하중 (g)	237	240	980	1,500	500



〈그림 12〉 硬度試驗器

### 3-6. 生型變形量(green deformation)測定

標準試驗片의 生型壓縮強度測定時 시험편에 荷重을 加한 최초의 初荷重과 試驗片이 파괴되는 最大荷重일 때의 試驗片길이 차이를 최초 試驗片의 길이로 나누어 變形量(cm/cm)를 산출한다.

非鐵 및 鑄鐵鑄物에 있어서 生型의 경우는 生型變形量를 0.020 이하, 건조형의 경우는 0.030 이상이 되게 조정하여 사용한다.

### 3-7. 老化度試驗

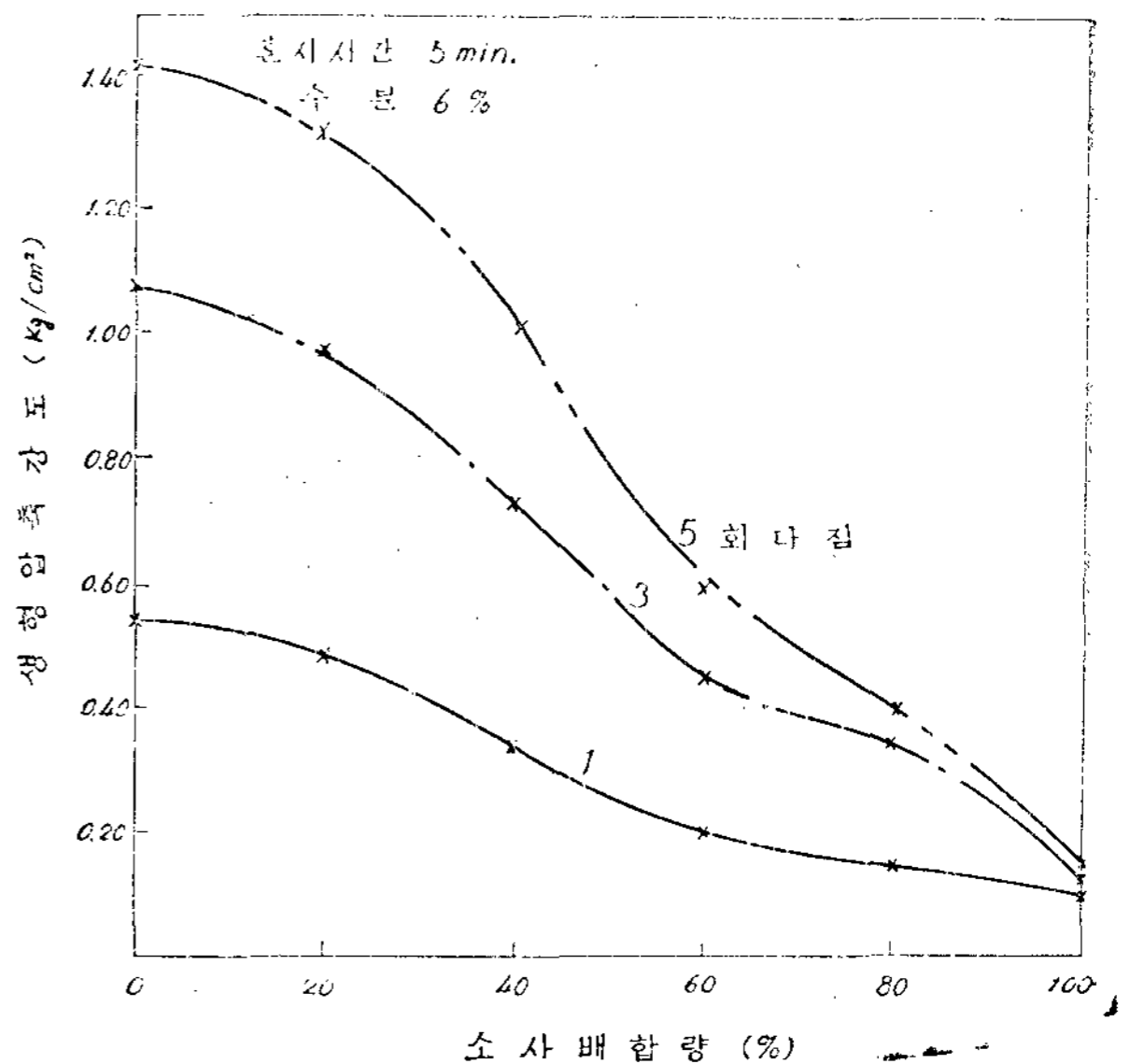
鑄物砂를 몇번 반복하여 使用하면 熔融金屬의

熱에 의하여 砂粒이 파쇄되어 微細化하거나 粘土가 粘結力을 잃어 微粉化한다. 또는 다른 物質이 混入되어 砂의 性質을 劣化시키기도 한다. 이와 같이 鑄物砂가 粘土質의 粘結力을 감소하는 정도를 老化度라 한다. 이 試驗法은 鑄物砂 중 특히 自然砂의 老化정도 測定에 사용된다.

老化度測定法으로서 ① 壓縮強度測定에 의한 方法(KS A 5307) ② 比重測定에 의한 方法 ③ 色素吸着量測定에 의한 方法을 採用하고 있다. 여기서는 壓縮強度測定에 의한 方法을 설명한다.

#### ○ 壓縮強度測定에 의한 方法(KS A 5307)

現場에서 使用하는 新砂를 건조하여 그 일부를 約 1,000°C에서 強熱한 燒砂를 新砂와 一定한 配合比로 現場에서 使用하는 條件으로 混練하여 生型壓縮強度를 測定하여 이를 基準으로(그림 13) 실제 現場에서 使用하는 砂의 強度를 測定하여 이 때 強度값에 따라서 燒砂의 配合百分率에서 現場砂의 老化정도를 판단하는 方法이다.



〈그림 13〉 國內 自然砂의 소사배합량과 生형압축강도에(자료: 제 4회 주물기술세미나)

### 3-8. 活性粘土測定

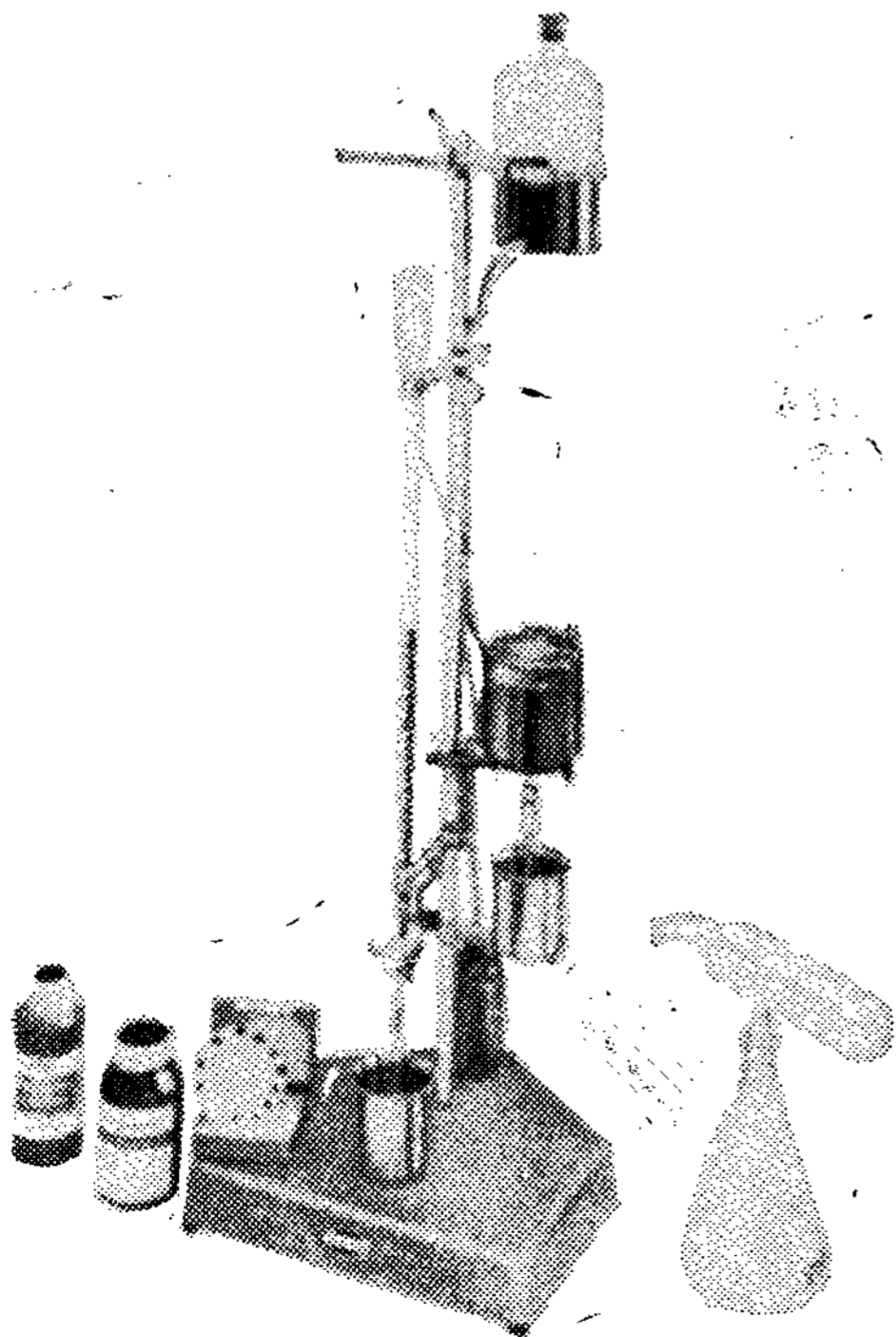
鑄物砂에 함유된 粘土分(AFS Clay)은 砂粒의 粘結에는 그다지 기여하지 않고 단지 微粉이 相當量 함유되어 있으므로 粘土分과 通氣度 사이에

는 어느 정도 관련을 알 수 있으나 強度나 成型性 사이에는 直接的인 關係를 알 수 없으므로 실제 砂粒의 粘結에 기여하는 活性粘土分의 管理가 중요시되어 이에 대한 試驗을 하고 있다.

최근 活性粘土分(active clay) 測定에 사용되고 있다 方法은 methylene blue 法으로 pyrophosphate method 와 alternate method 가 있다. 이 중 alternate 法은 다음과 같다.

○ Methylene blue 法—Alternate method

건조시료 5 gr 에 50 cc 증류수를 가하여 6~10 分間 교반한 후 0.5 규정황산용액(5 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 2 cc 를 가하고 1 cc 의 methylene blue 용액을 가하여 30分間 교반하여 유리병으로 1滴를 필더종이에 낙하시켜 이 때 종이위의 斑點이 흑갈색의 윤곽이 확실히 나타나면 계속 methylene blue 용액을 1 cc 첨가하면서 반점을 조사하여 黑紺色의 반점 주위에 담청록의 halo 가 나타날 때까지 계속하여 halo 가 나타나면 다시 1滴를 가하여 2 分間 교반 후 halo 가 계속 나타날 때까지 반복하여, halo 가 나타날 때까지의 methylene blue 용액의 총 소모량으로 活性粘土分을 구한다.



<그림 14> M. B. Clay Tester

3-9. 高溫試驗

鑄型에 高溫의 熔融金屬을 주입하면 鑄型의 內面에는 여러 가지 熱的힘이 作用하여 高溫軟化層이나 硬化層이 形成하여 變形하거나 또는 파괴한다. 이와 같이 鑄物砂가 高溫에 있어서 性質을 알기 위하여 하는 試驗으로서 常溫試驗보다 실제적인 性質을 알 수가 있다.

鑄物砂 高溫試驗機는 미국의 Harry W. Diert Co 製의 두 가지 型이 대표적인 것이다(그림 15).

試驗에 사용되는 試驗片은 試驗機의 종류에 따라서 1 $\frac{1}{8}$ " $\phi$  $\times$ 2h"와 2" $\phi$  $\times$ 2h"의 두 종류를 사용하고 있다.

鑄物砂의 高溫試驗法에는 다음과 같은 試驗을 한다.

1) 高溫壓縮強度

試驗片을 高溫試驗機의 爐內에 插入하여 所定의 溫度로 加熱한다. 試驗片이 一定의 溫度로 될 때까지 최소 4分은 유지한 후 하중을 가하여 시험한다.

試驗溫度는 용융금속이 실제 鑄入되는 溫度 범위로 適當히 선택되나 鑄鋼과 같이 高溫의 경우는 1,500°C 전후, 鑄鐵에서는 1,300°C 정도로 재질에 따라 다르다. 또한 鑄型材料를 연구하는 경우에는 여러 가지 段階의 溫度에서 測定한다.

2) 高溫變形量試驗

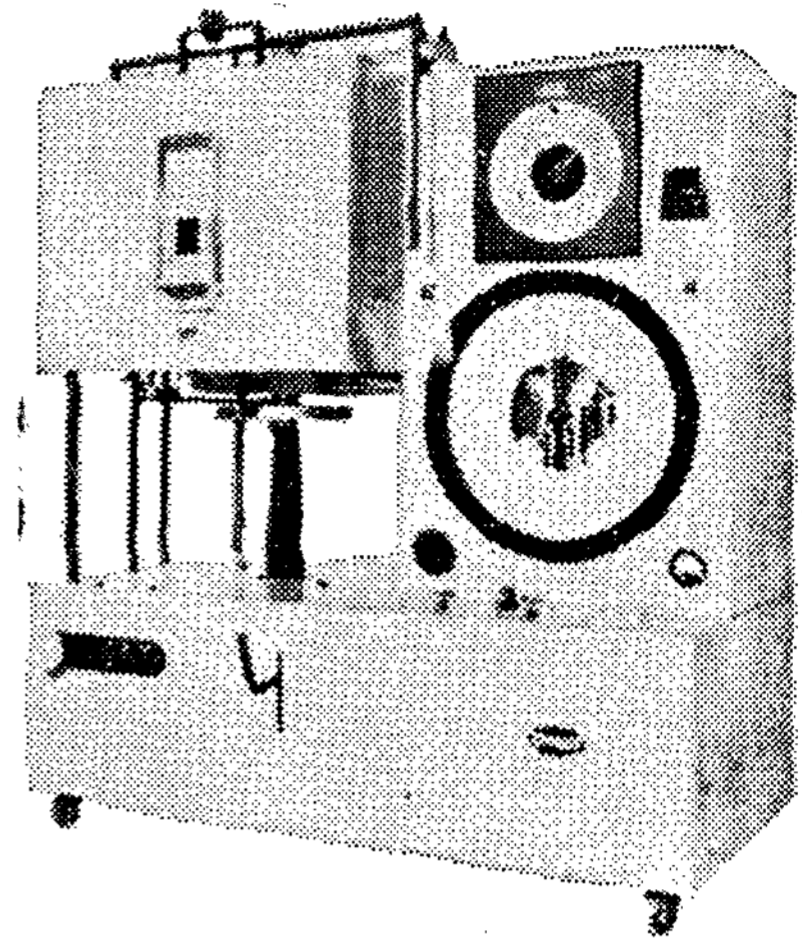
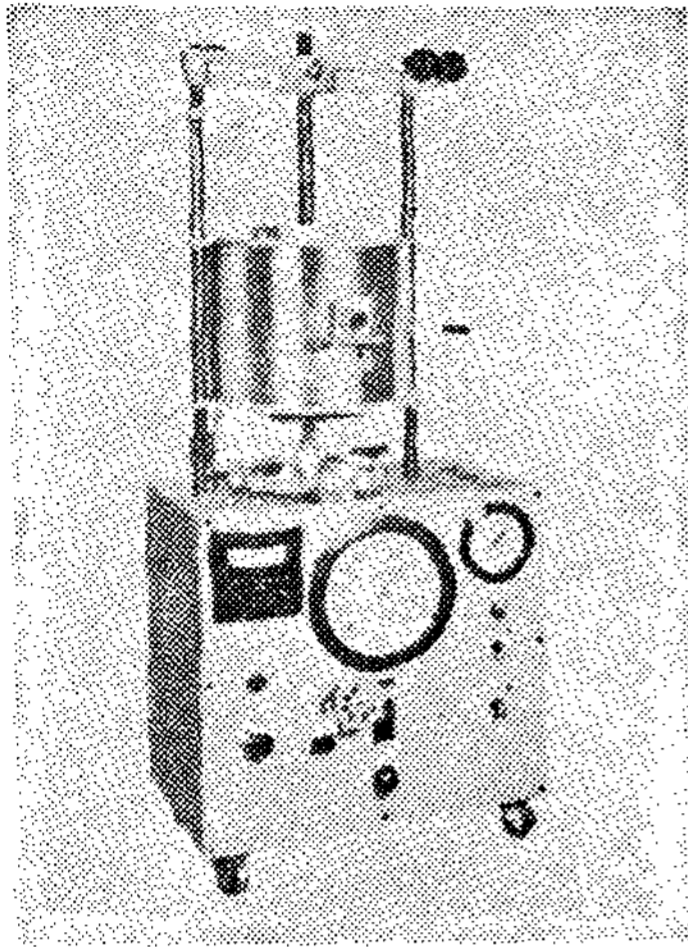
이는 高溫압축강도試驗을 할 때 동시에 한다. 所定溫度에 試驗片을 加熱 후 荷重을 가하여 최초 荷重을 가할 때와 최대 荷重이 될 때 試驗片의 길이의 變化差로 試驗片의 길이로 나눈 값을 變形量으로 한다.

2) 膨脹量試驗

1 $\frac{1}{8}$ " $\phi$  $\times$ 2"의 試驗片을 石英臺 위에 놓고 투명石英棒과 다이알게지를 사용하여 急熱 또는 徐熱에 의하여 試數 變形을 測定한다. 이를 自由膨脹이라 하고 試驗片을 투명석영관내에 넣어서 팽창량을 測定하는 것을 制限膨脹試驗法이라 한다.

3-10. 가스發生測定

試驗片을 밀폐된 용기에 넣어서 急熱 또는 徐



〈그림 15〉 Thermolab Dilatometer

熱하거나 試驗中子를 사용하여 용융금속을 鑄込하여 發生하는 가스량 또는 가스壓을 測定한다. 가스分析은 올셋트法, 가스크로, 質量分析法를 사용하여 한다.

### 3-11. 崩壞性(collapsibility) 試驗

가장 많이 試驗하는 것은 標準試驗片을 200°C 間격으로 가열분위기내에서 시험편 중심부가 同一溫度에 도달할 때까지 방치한 후 常溫까지 冷却하여 강도를 측정하는 잔유강도 측정법을 사용하는 것으로 여기에는 여러 가지 鑄型砂나 中子砂의 砂落의 문제를 해결하기 위한 試驗法으로 특히 CO<sub>2</sub> 型砂나 無機自硬性鑄型砂에 많이 사용한다.

또한 표준 시험편을 원판형의 鑄型內에 中子로 설치하여 주입 후 砂의 파괴정도를 조사하는 現場的方法이 一般的으로 하고 있다.

### 3.12. 流動性(flowability) 試驗

一般的으로 流動性이라 함은 두 가지의 다른 性質을 混同한 의미로 사용한다. 즉 硅砂 自體의 흐름의 難易와 粘結材를 混合한 것에 대하여 鑄型을 만들 때 다짐의 難易이다. 그러나 실제로 流動性이 무엇이라고 명확히 정의하는 것은 대단히 어렵다.

여기서는 一般的으로 鑄型을 만들기 쉬운 정도에 대하여 생각한다.

混合된 鑄物砂에 여러 가지의 外力(ramming, jolt, squeeze 등)을 加하면 砂粒은 外力에 抵抗하면서 流動하여 砂粒相互가 접촉한다. 이와 같이 外力에 의하여 砂가 流動하는 정도를 流動性이라 한다.

流動性測定法으로는 ① Dietert 流動性 ② Kyle 流動性 ③ Moore 流動性 ④ Jamison 流動性 ⑤ Gittus 流動性 ⑥ Kenedy 流動性 등 여러 가지가 있으나 一般的으로 많이 사용하는 Dietert 流動性에 대하여 소개한다.

#### ○ Dietert 의 流動性

Dietert 는 流動性이라 함은 鑄物砂가 다짐할 때 다져지는 性質이라고 정의하고 있다. 다짐에 의하여 造型되는 경우 최소의 일량에서 다짐方向에 대한 砂의 용적變化가 일어나서 安定化하는 能力을 시험하는 것이 目的이다. 이 試驗法은 다짐方向에 對한 型의 變形性이 큰 鑄物砂인지 아닌지를 管理하는데 편리한 것으로 되어 있다.

試驗方法은 標準시험된 製作方法에 의하여 3회 다져 製作한 후 다시 4회와 5회를 계속 다져 이 때 4회와 5회의 시험편 높이 差를 xmm 라 하면 다음 式으로 산출한다.



$$\text{Dietert의 流動性} = 1,000 \times \left( 0.100 - \frac{x}{25.4} \right) \%$$

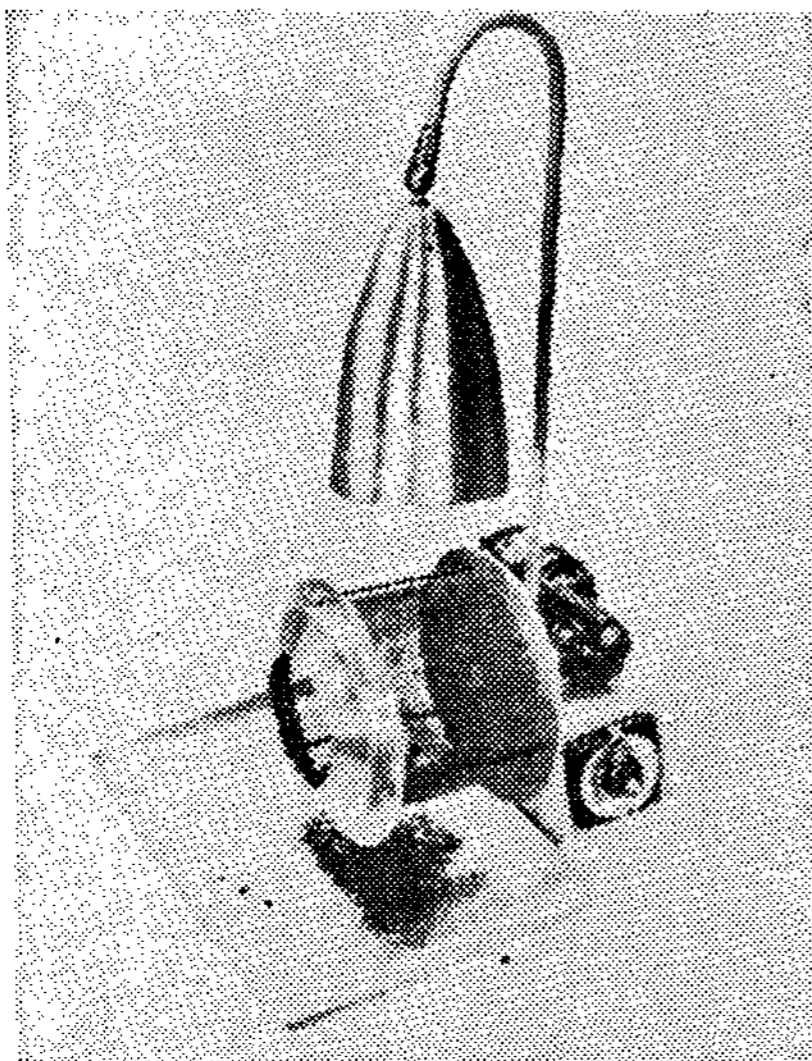
### 3-13. 造型性(moldability)試驗

造型性이라 함은 造型時 다짐作業을 할 때 砂의 거동을 決定하는 性質을 말한다. Moldability가 높은 砂는 다짐이 용이하며 鑄型表面의 空隙(void space, 이것은 鑄型壁移動이나 metal penetration의 原因이 된다)가 최소가 되는 鑄型을 만들 수가 있다. 역으로 moldability가 적은 砂는 다짐이 곤란하여 空隙도 크게 많이 생기기 쉽다.

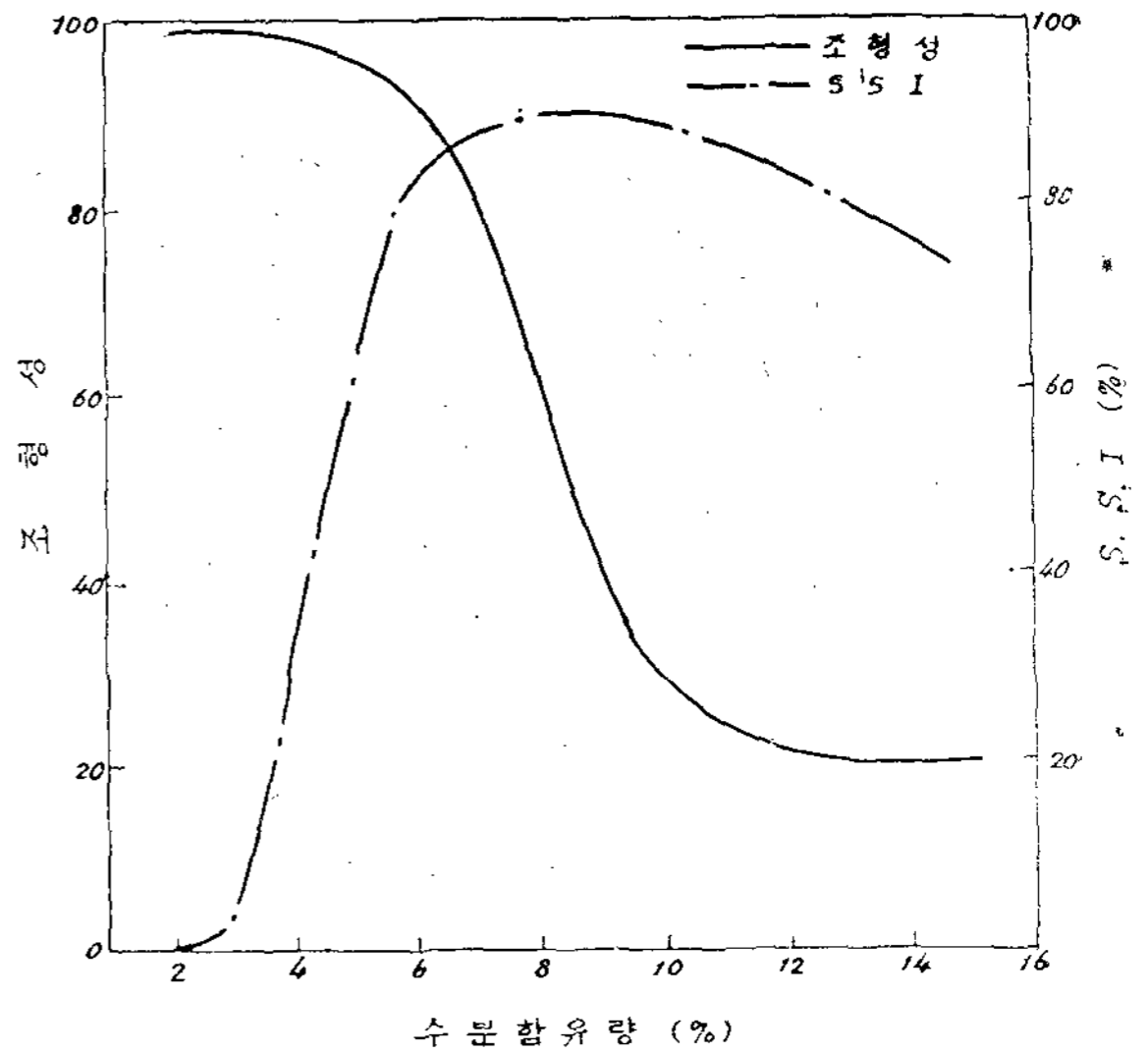
粘結力이 강한 鑄物砂의 靚질은 곤란하나 다짐이 쉬운 鑄物砂는 靚질이 용이하다. Moldability試驗은 이 원리를 응용한 것으로 造型에 필요한 다짐에너지는 아직 다지지 않은 鑄物砂의 混合物中の 粘結砂粒의 덩어리를 分離하기 위하여 필요한 에너지에 비례하는 것에 기초를 두고 있다.

試驗法은 約 300 gr의 生型砂를 約 9.4mm 크기의 체를 통과시켜 이중 200 gr를 秤量하여 moldability試驗機(그림 16)의 回轉 screen 통에 넣어 10초간 회전시켜 이 때 회전 screen 통을 통과한 鑄物砂를 再秤量하여 이를 2로서 나눈 값을 moldability index라 한다.

moldability index가 80 이상이면 양호한 鑄物砂이며 20 이하면 void space가 큰 鑄型을 만



〈그림 16〉 Moldability Tester



〈그림 17〉 自然砂의 수분과 Moldability Index 및 표면안정도 관계  
(자료: 제 4회 주물기술세미나)

들 위험이 있다.

國內 自然砂의 水分함유량에 의한 moldability index 測定결과를 그림 17에 표시한다.

### 3-14. 表面安定度(surface stability index)

鑄物砂의 通氣性이나 強度가 管理되었다 하여도 鑄型表面의 空隙가 많으면 여러 가지 결함을 발생시키는 원인이 되기 쉽다. 이와 같이 空隙의 정도를 나타내는 것이 表面安定度(S.S.I)로서 空隙의 측정에는 여러 가지가 있으나 이중 응용범위가 넓고 비교적 신뢰성이 높은 方法으로서 Ro-tap法을 기술한다.

이 方法은 日本에서 주로 사용하고 있다. 시료는 標準試驗片을 사용한다. 그러나 試驗片은 반드시 標準試驗片作成法에 의하지 않고 실제 鑄型의 조건에 일치한 鑄型경도로 하여도 된다. 試驗片을 6 mesh 와 pan 으로 되어 있는 체위에 놓고 Ro-tap shaker 로 1分間 진동한 후 체위에 남아 있는 시료의 重量과 최초의 試驗片重量과 비로서 表面安定도를 산출한다.

表面安定度(SS I) %

$$= \frac{\text{시험 후 체위에 있는 시험편重量}}{\text{시험 전 최초의 試驗片重量}} \times 100$$

그림 17에 수분함유량에 의한 SSI의 측정결과

를 표시한다.

### 3-15. 密充填性(compactability)試驗

密充填性이라 함은 近代的인 自動造型機에 의 한 密充填의 必要性에 응하여 導入된 것이다. 造型에 있어서 鑄物砂는 一定높이의 計量 hopper 또는 jolt 로부터 틀(flask)를 포함하여 어느 높 이에 正確히 채워져서 여기에 처음 一定體積으로 부터 造型에너지에 의하여 緊밀히 鑄物砂는 충전 되어 鑄型이 된다.

造型이 되는 동안 鑄物砂의 體積的 變化는 jolt squeeze 또는 高壓에 의해서 기본적인 差異를 갖 게 하는 것이 아니라 鑄物砂의 內部에 전해지는 에너지의 效果에 가장 重要한 因子가 되는 鑄物砂의 混練度이다.

Compactability의 試驗法은 3 mm 크기의 체 를 통과한 鑄物砂를 標準試驗片製作用管에 주의 깊게 가만히 채워 試驗片管의 높이와 같게 수평 으로 한 다음 sand sammer에 의하여 3회 다지 거나 또는 10 kg/cm<sup>2</sup>(140 psi)의 壓力을 加한다

(그림 18). 이 때 높이 감소를 測定하여 다음 식 에서 산출한다. 이와 같이 sand rammer 를 이 용하여 측정하는 方法을 3-ramming 法이라 한 다.

Compactability %

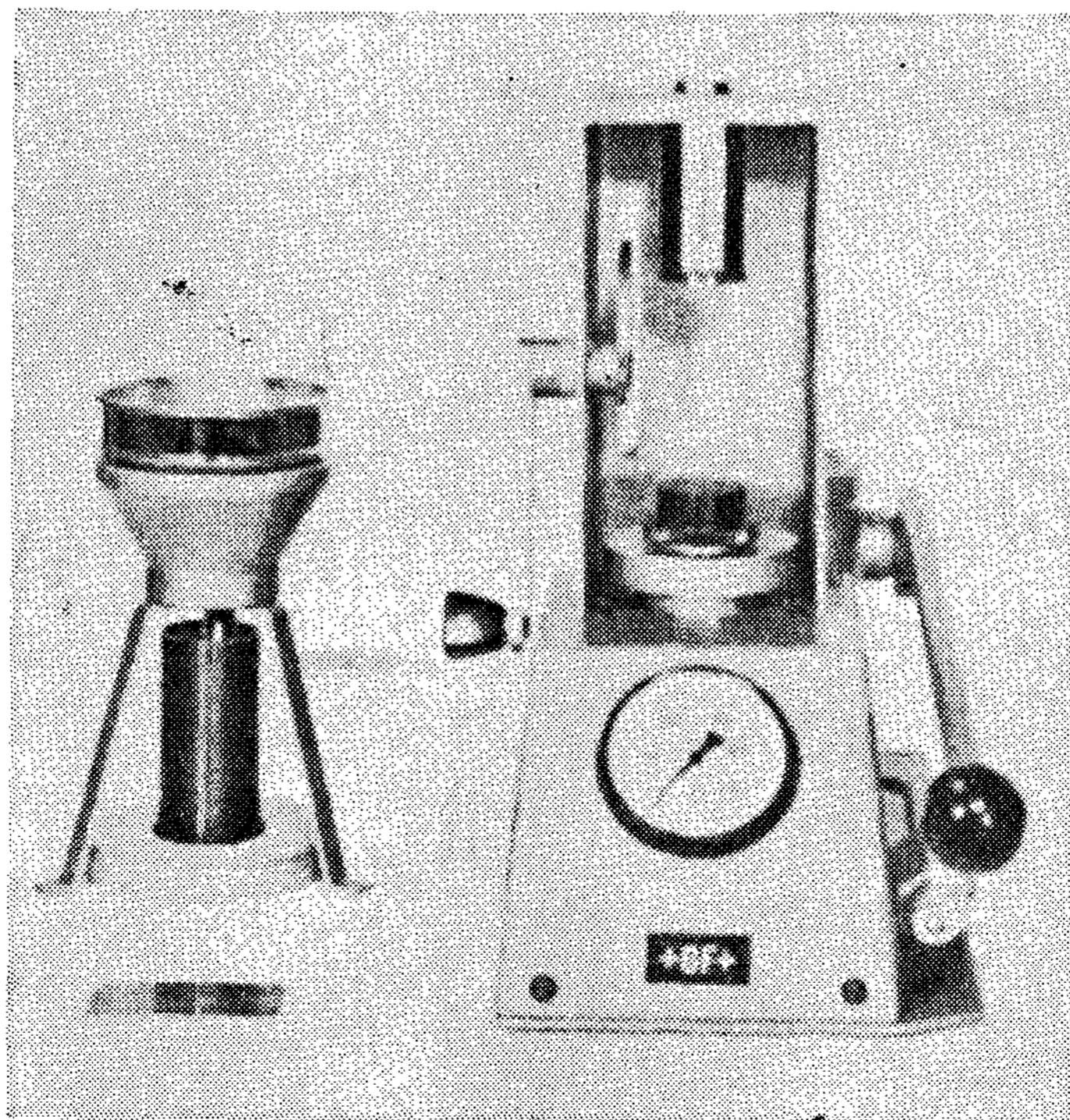
$$= \frac{\text{다진 후 감소된 管의 높이}}{\text{시험편管의 최초 높이}} \times 100$$

그림 19 및 그림 20에 水分함유량에 의한 com- pactability 測定결과를 나타낸다.

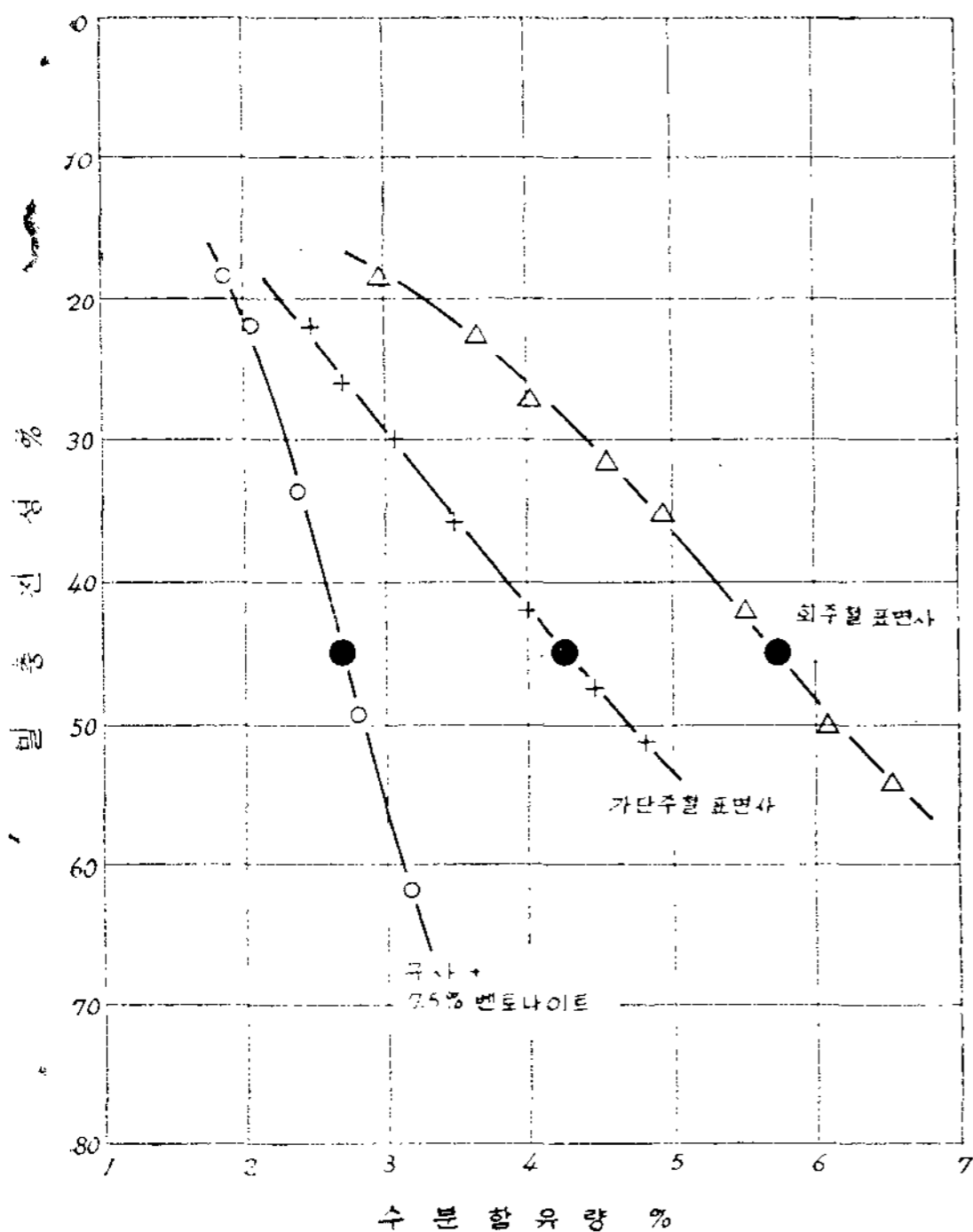
### 3-16. 靱性(shatter)試驗

生型砂의 靱성을 나타내는 試驗에 shatter to- ughness 試驗이 있다. 이 성질은 造型완료시에 있어서 離型성을 左右하는 重要한 성질이다. 일 반적으로 이 값이 크며는 粘結劑의 可塑性은 증 가한다.

生型砂의 sand toughness 를 나타내는 가장 오랜 것은 AFS sand toughness number (STN) 으로 生型壓縮強度×生型變形量으로 나타낸다. 이것은 砂型을 파괴하기 위한 일량(힘×거리)을 의미한다. 그러나 生型變形量の 측정에는 高度 上



<그림 18> Compactability Tester



〈그림 19〉 3종주물사의 水分함유량에 의한 Compactability 관계

속련을 필요로 하므로 영국에서는 다음과 같은 방법으로 시험을 행한다.

12.5 mm의 구멍(10 mesh)을 갖인 체의 중앙에 鋼製 anvil를 설치하여 標準試驗片을 1.8 m (6 ft) 높이에서 anvil 위에 낙하시켜 체위에 남아 있는 砂시험편의 중량과 최초 시험편의 중량비를 구하여 이를 shatter index라 한다(그림 21(a)).

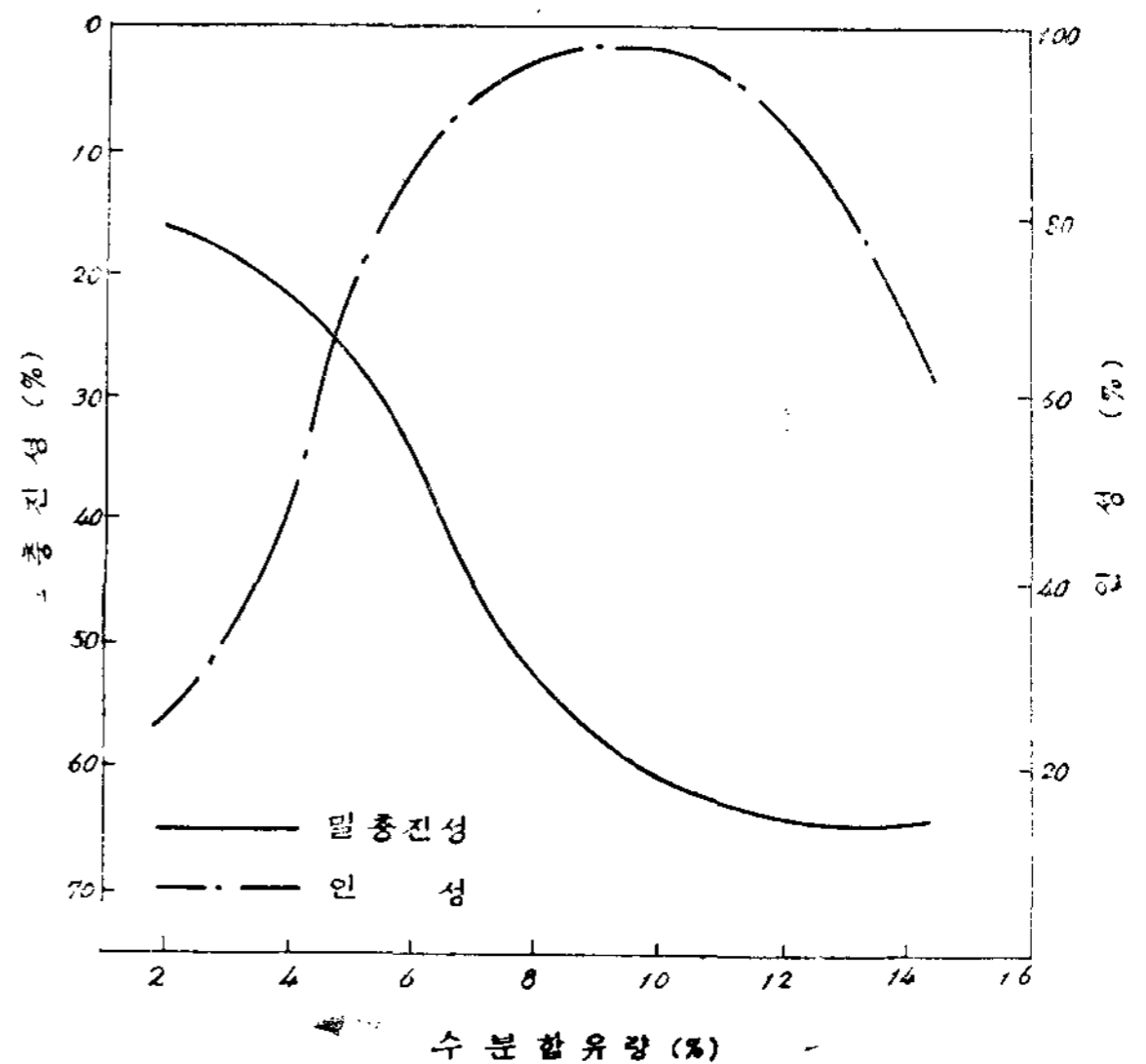
#### Shatter Index

$$= \frac{\text{시험 후 체위에 남아 있는 중량}}{\text{최초의 시험편의 중량}} \times 100$$

그러나 이 방법은 재현성이 결핍하고 또한 강도가 높은 시험편을 파괴하는데는 낙하에너지만은 불충분하므로 다음과 같이 개량하였다.

이는 砂試驗片을 체중심에 설치한 anvil 위에 올려 놓고 1 m의 높이에서 안내銅管을 통하여 50 mm의 鋼球를 낙하시키는 방법으로서 이 방법은 可塑性의 高低에 관계없이 광범위하게 鑄物砂의 試驗이 가능하다(그림 21(b)).

造型에 적합한 水分量의 測定에 shatter index



〈그림 20〉 國內 自然砂의 水分과 Compactability 및 Shatter Index 관계  
(자료: 제 4회 주물기술세미나)

는 압축강도와 組合하여 사용된다.

國內 自然砂의 水分함유량에 의한 shatter index 측정결과를 표 20에 표시하였다.

### 3-17. 高壓造型砂試驗

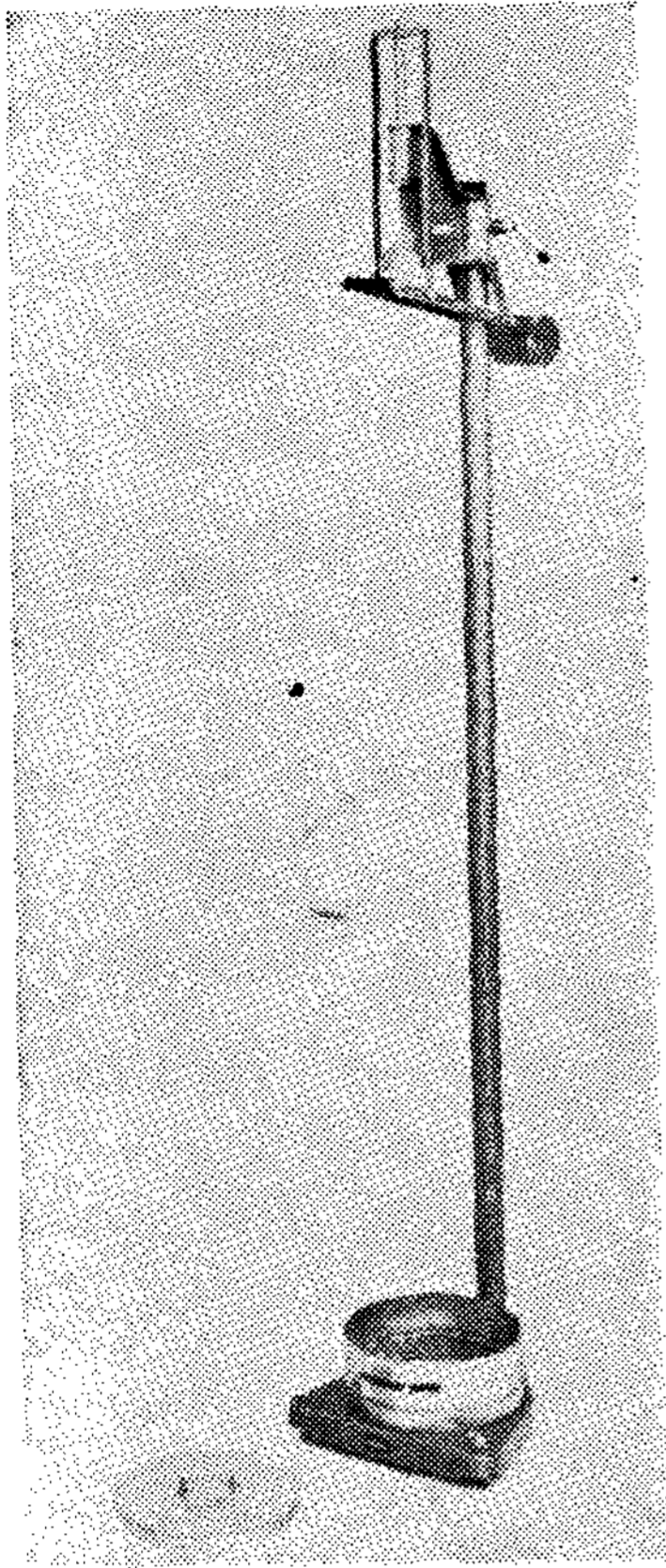
최근의 造型傾向으로는 高密度鑄型으로 흐르고 있다. 이 경우 종래의 標準試驗法으로서는 測定값과 실제 사용하는 상태와 사이에는 크다란 차이가 생긴다. 그러므로 高壓造型鑄型의 경우는 sand rammer에 의하여 다짐(ramming) 回數를 증가하거나 油壓장치에서(그림 22) 실용조건에 가까운 시험편을 作成하여 通氣度, 인장강도, 표면안정도 등을 測定하는 방법을 하고 있다.

### 3-18. 鑄込試驗

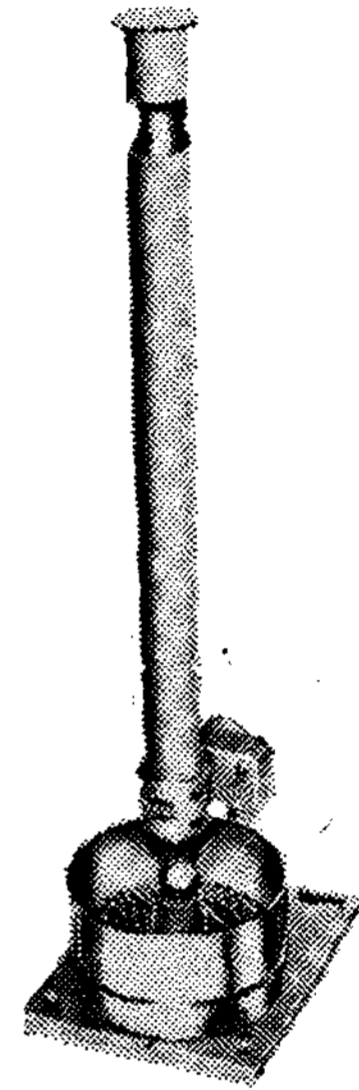
鑄物表面에 나타나는 결함 특히 scab, penetration 등 결함 발생을 미리 예측하는 수단으로서 特定の 模型을 사용하여 주입을 하는 試驗法이다.

실제 鑄物을 鑄込할 때 나타나는 현상을 예측하는 것으로 scab 시험이 있다. 여기에는 여러 가지 방법이 있으나 이중 가장 많이 사용되는 것이 A.F.S(American Foundrymen's Society)의 8號試驗片이나 日本의 名工試型 scab 試驗片

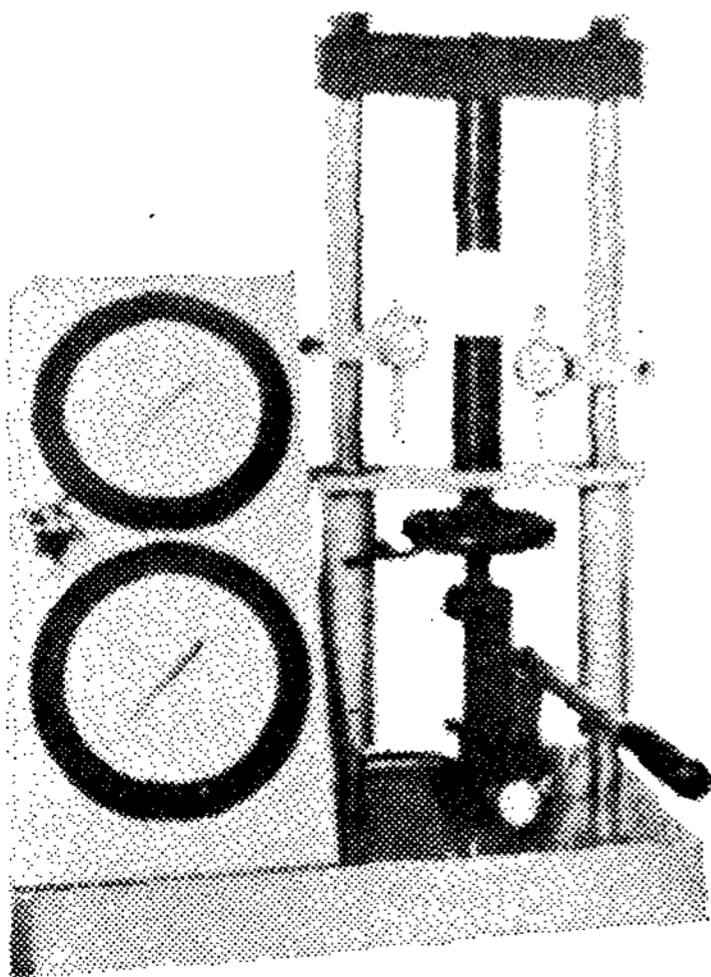




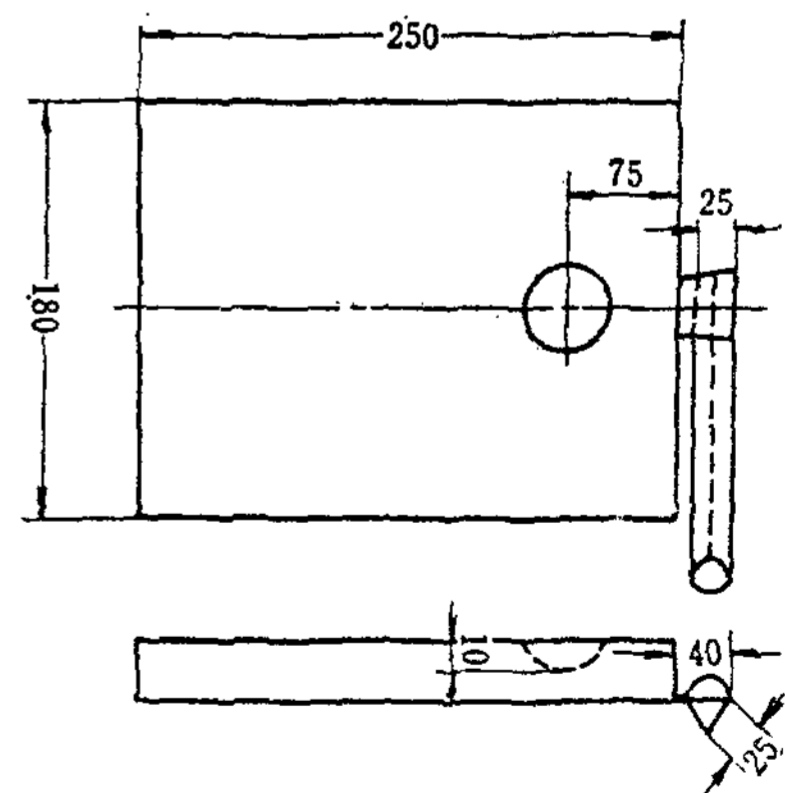
(a) <그림 21> Shatter Index Tester



(b)



<그림 22> Hi-Pressure Lab Squeezer.



名工試型

<그림 23> 주입시험의 모형도

이다.

## 4. 特殊鑄型砂試驗法

### 4-1. 셸주형사 試驗法

셸鑄型砂(shell molding sand)에 속하는 試驗法으로써는 다음의 3가지 試驗法이 있다.

- ① 砂粒의 粒形試驗法
- ② 셸용粉末레진試驗法
- ③ 모래·레진混合物試驗法

이중 모래·레진混合物試驗法으로는 셸砂 또는 셸型으로서 必要한 性질을 알기 위하여 한다.

#### 1) Coated sand 試驗法

- ① 粒 度
- ② 強熱減量
- ③ 硬化試驗
- ④ 融點測定

#### 2) Shell 鑄型試驗法

- ① 강도시험
- ② 균열발생試驗
- ③ 熱膨張量測定
- ④ 熱膨張力測定
- ⑤ 熱變形量測定
- ⑥ 高溫強度試驗
- ⑦ 충격시험
- ⑧ 가스발생량측정
- ⑨ 경 도
- ⑩ 통기도측정

### 4-2. 탄산가스型砂試驗法

CO<sub>2</sub>鑄型의 性질을 알기 위한 試驗方法으로서 는 粘結劑인 규산소오다에 관한 것과 鑄物砂에 관한 것이 있다.

鑄物砂에 관한 試驗法은 一般의 砂型에 준하여 규정하고 있으나 CO<sub>2</sub>型의 경우 試驗片作成法에 있어서 경화법이 다소 다를 뿐이다.

CO<sub>2</sub>型의 시험편作成法은 試驗片 크기와 sand rammer는 標準試驗法의 것을 사용하여 3회 다진 후 試驗片의 높이는 50±1 mm로 되게 한 다음 CO<sub>2</sub>가스에 의하여 경화는 시험편관의 하부 바침대는 2.5φ×50개의 구멍을 갖인 것을 사용하여 通가스用 부속기구를 붙쳐서 다짐方向으로 1 kg/cm<sup>2</sup>의 壓力으로 가스처리시간은 5, 20, 45,

60 및 90초로 한다. 시험편관에서 5집어 내어 압축강도, 표면안정도 등 각종 시험을 한다.

### 4-3. 自硬性鑄型砂의 試驗法

最近 鑄型材料의 발달로 有機 및 無機自硬性鑄型砂를 많이 사용함에 따라 管理를 위한 試驗法을 고려하게 되었다.

試驗裝置 및 器具는 一般鑄物砂의 標準試驗法의 것을 사용하여 一般標準試驗法에 준하고 있으나 試驗片의 硬化法은 다음과 같은 3종류의 方法중 하나를 사용한다.

○大氣硬化……標準試驗片 作成方法에 의하여 만든 시험편을 통풍이 없는 장소에 30 mm 이상의 간격으로 방치하여 硬化한다.

○恒溫硬化……試驗片을 포화유산암모니아의 수용액을 넣은 데시케이터 중에서 습도를 約 80%로 한 분위기의 恒溫槽內에서 硬化한다.

○密閉硬化……試驗片을 試驗片製作用관에서 5집어 내지 않고 그대로 시험편관양단을 밀폐하여 硬化한다.

### 4-4. 流動性砂의 試驗法

流動性砂의 試驗은 一般鑄物砂의 試驗法을 適用하고 있으나 이중 流動性砂의 作業性을 알기 위한 流動性試驗이 있다. 이 試驗은 cone에 의한 方法으로 一般으로 사용되고 있다.

流動性의 表現에는 slump 量, slump 率의 두 가지 方法이 사용된다. cone 內에 流動性砂를 넣어서 cone를 위로 들어 올릴 때 붕괴된 砂의 높이를 測定하여 다음 式에서 산출한다.

$$\text{Slump 量} = h - \Delta h$$

$$\text{Slump 率} = \frac{h - \Delta h}{h}$$

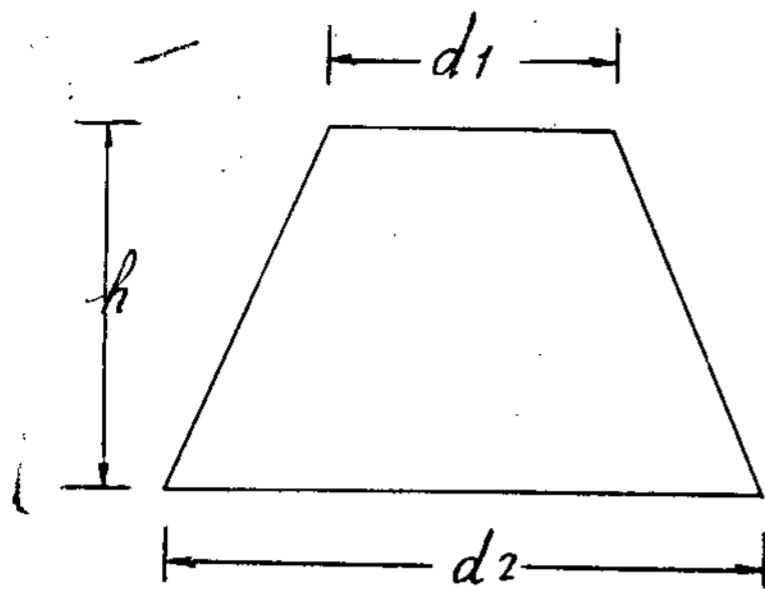
여기서  $h$ : 流動性의 최초 높이 (cone 높이)

$\Delta h$ : 붕괴된 砂의 높이

流動性의 測定에 사용되는 cone의 크기는 다음과 같이 5종이 있다.

## 5. 맺 는 말

鑄物砂의 管理를 위한 試驗法은 生型에 對하여 主로 하고 그 외에 特殊型에 대하여 다소 설명을



단위 : mm

	$d_1$	$d_2$	$h$
A	100	200	300
B	50	100	150
C	75	150	150
D	50	75	100
E	50	150	150

하였다. 鑄物工場에서 이상의 여러 시험법을 모두 하는 것은 용이하지 않으며 또한 비용도 상당히 필요하게 된다. 그러나 鑄物砂의 試驗을 통하여 鑄物의 不良이나 결함 등을 감소하며 品質을 向上시키면 전체적으로 결국 安價한 鑄物을 만들 수가 있을 것이다.

값이 싸고 품질이 우수한 鑄物을 만들기 위하여 鑄物砂의 試驗法을 채용함에 있어서 이상에 소개한 試驗法이 조금이라도 보탬이 되여지기를 바라는 마음 간절하다.

#### 參 考 文 獻

- 1) A. F. S.: Foundry Sand Handbook
- 2) 松村英一: 普通鑄型, (鑄造技術講座第8卷) 日刊工業新聞社

- 3) 角田, 今泉: 綜合鑄物, Vol. 12, No. 12 (1971)
- 4) Methods of Testing Prepared Foundry Sands; Third Report of the Joint Committee on Sand Testing, (1966)
- 5) Franz Hofmann: Technologie der Giesserei-formstoffe, (1965)
- 6) 福田, 鈴木: 技術資料 11(1971) p. 30
- 7) W. B. Parkes: Clay-Bonded Foundry Sand,
- 8) Harry W. Dietert Co: Catalog 121
- 9) 崔昌鈺: 제4회鑄造技術세미나교재 (1977)
- 10) 松村英一: JACT News 第197號 (1973)
- 11) H. W. Dietert Co: Instruction for the No 875 Lab. Moldability Tester.
- 12) 鈴木, 田村, 二木: 鑄型用澱粉 (1966)
- 13) 韓國規格集(KS)
- 14) 崔昌鈺: 金屬學會誌 Vol. 11, No. 3 (1973)