# 自 硬 性 鑄 型 製 造 法

## (3)

崔　昌　鈺*

### 2-2-3　기레드法

일반시멘트鑄型으로서 問題点을 해결하고저 Polyol 化合物을 시멘트-水의 鑄型에 병용하여 崩壞性 및 砂의 回收性이 우수한 有機·無機절충형인 自硬性鑄型을 기레드鑄型이라 하며 日本에서 開発한 造型法이다.

(1) 기레드鑄型의 特徵

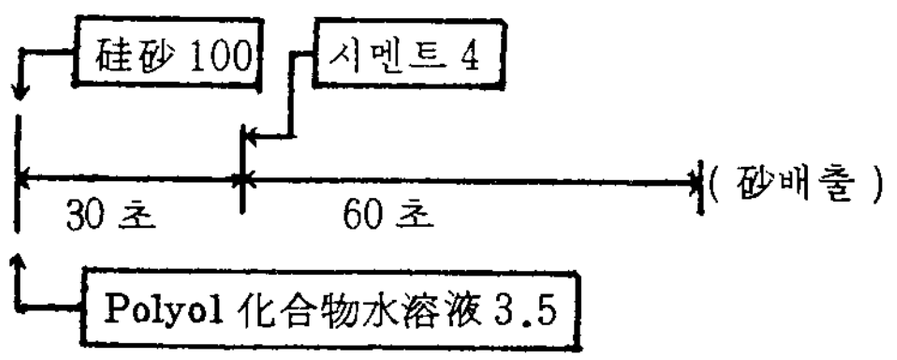
시멘트鑄型에 있어서 시멘트의 水和反応에 의한 鑄型의 硬化에는 多量의 水分을 必要로 하며 鑄型粘結剤로서는 8%전후의 시멘트량이必要하게 된다. 그러나 Polyol 化合物을 添加하는 경우는 水/시멘트비가 0.4에서 최고의 圧縮強度를 나타낸다. 더우기 水分이 增加하면 오히려 圧縮強度는 저하한다. 또한 시멘트량이 4%와 같이 적은량으로서 Polyol 化合物量에 의하여 30 *kg/cm²*이상의 높은 圧縮強度를 얻을 수 있다. 이와같이 Polyol 化合物을 함유한 것과 이를 함유하지 않은 시멘트鑄型을 비교하면 현저한 特徵이 있음을 알 수 있다. 이 Polyol 化合物은 시멘트鑄型에 있어서 단순히 添加剤로서 뿐만 아니라 硬化에 크게 기여함을 볼 수 있다.

(2) 標準配合 및 鑄型의 性質

기레드鑄型에 있어서 適正粘結剤量으로서는 鑄型으로서 必要한 최소 圧縮強度에 의하여 시멘트 4%, 水分 1.6%, Polyol 化合物 1.9%(55% Polyol 化合物水溶液으로서 3.5%)이다. 이를 標準配合으로 하며 配合方法은 表14와 같다.

標準配合에 의한 여러가지 시멘트의 放置時間에 따른 圧縮強度의 変化를 그림 8에 표시한다. 또한 可使時間에 미치는 影響을 그림 9 및 그림 10에 나타낸다. 그림 9는 可使時間과 圧縮強度의 관계를 표시하고 그림 10은 可使時間과 表面安定度의 관계를 표시한다.

表 14. 配合順序와 時間



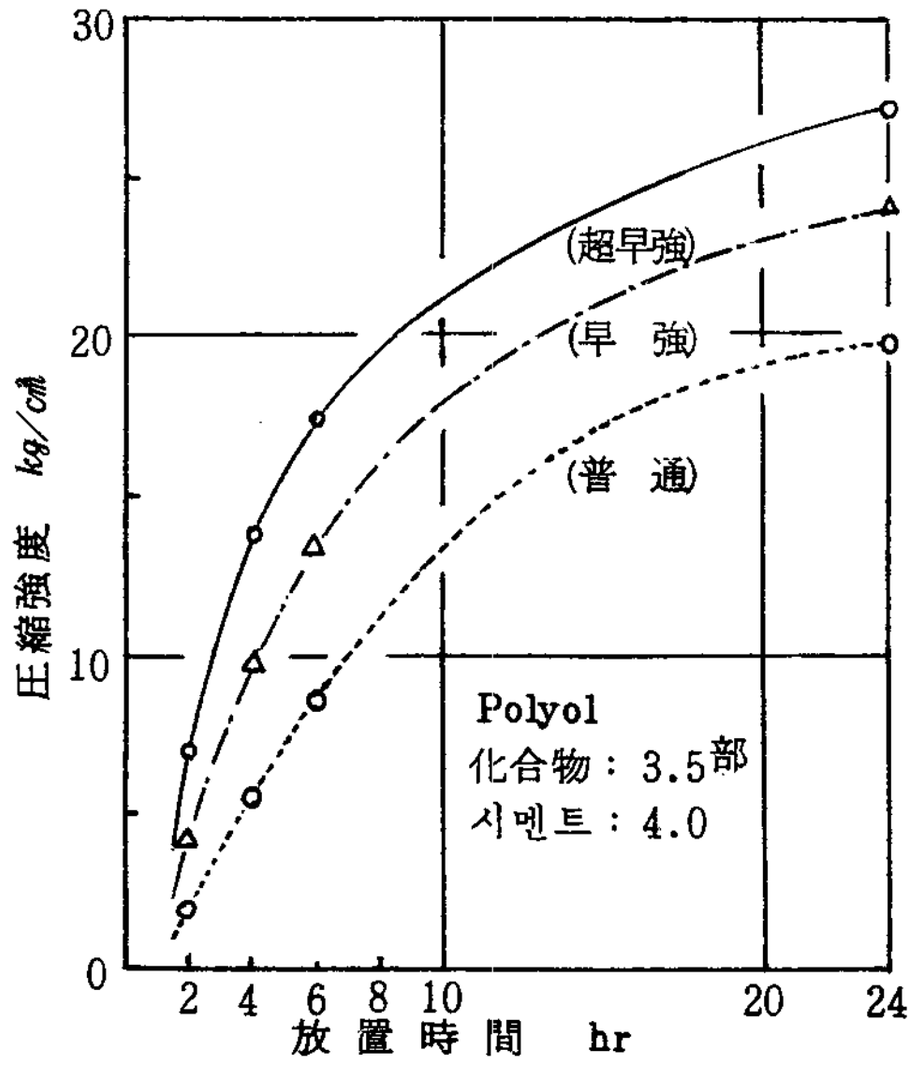




그림 8. 시멘트의 종류에 의한 圧縮強度 変化

* 東亜大学校 工科大学 教授

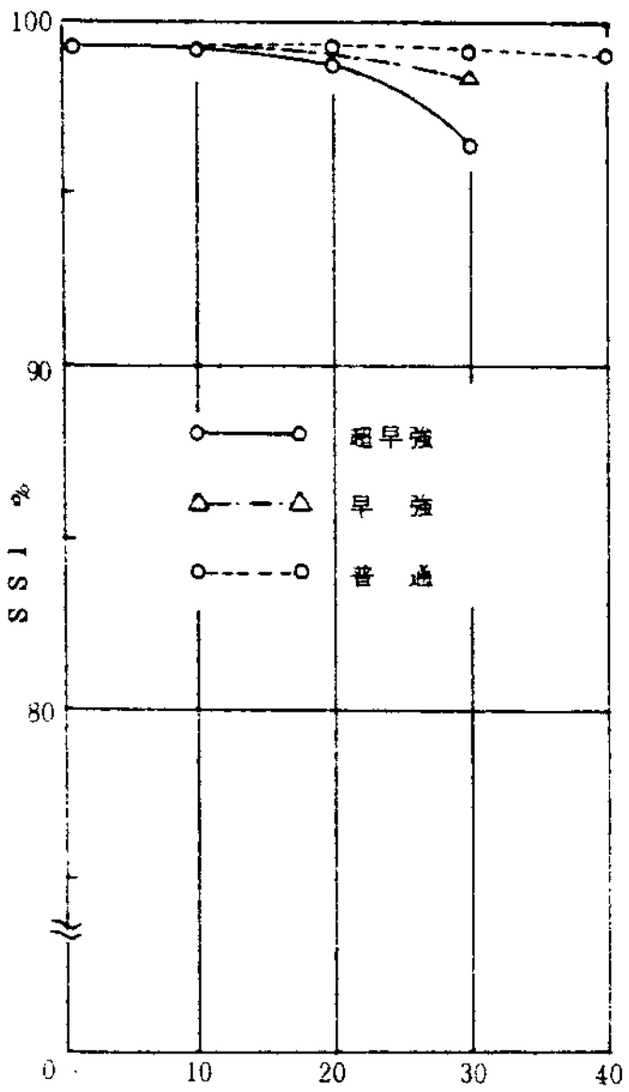



그림 10. 可使時間과 表面安定度関係

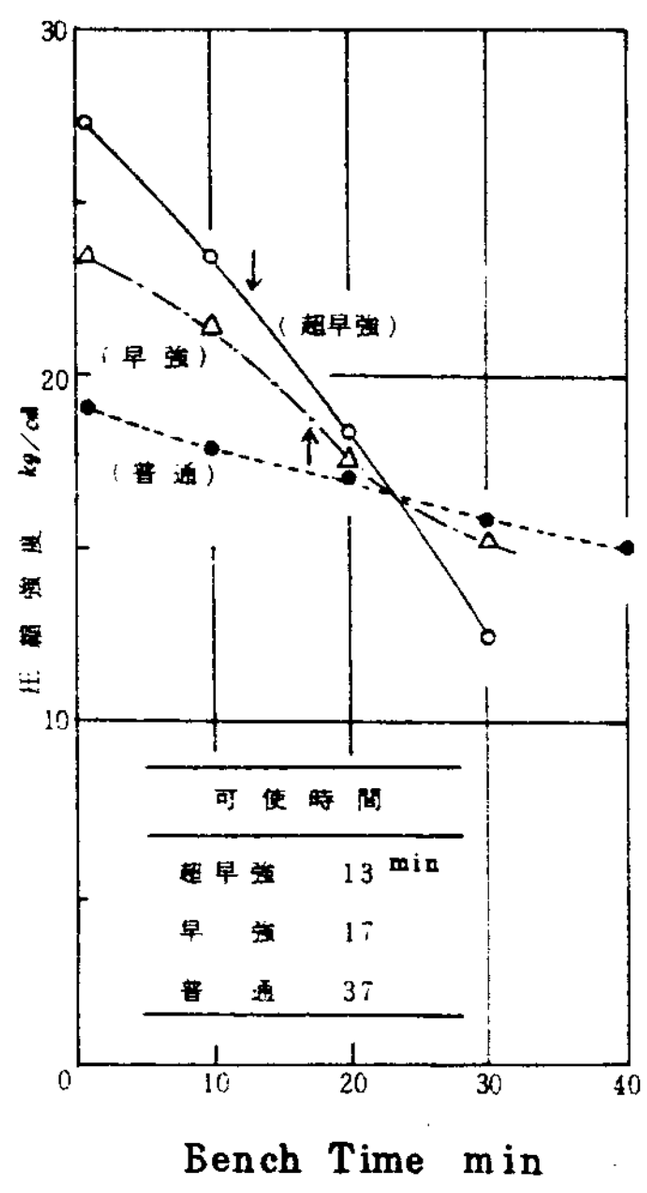



그림 9. 可使時間과 圧縮強度의 関係

(3) 利点과 欠点

**利点**

① 硬化에 있어서 시멘트의 水和反応이 일어나므로 鋳込後 崩壊性이 우수하다.

② 砂의 回収 및 再生이 용이하며 再生砂는 全量使用이 可能하다.

③ 内容物에 毒性이 적고, 악취, 자극성이 없다.

④ 시멘트의 使用量이 적어 粉塵이 적다.

⑤ 水量이 적어 용융금속 주입전에 鋳型의 건조를 必要로 하지 않는다.

⑥ 어떤 鋳物砂라도 사용이 可能하다.

⑦ 混練, 造型등에 있어서 特別한 装置를 必要로 하지 않고 現在의 설비로서 이용할 수 있다.

⑧ N, S등 鋳物에 나쁜 影響을 미치는 元素를 함유하지 않는다.

## 3. 流動自硬性鋳型

### 3-1 流動自硬性鋳型의 特徴

硅砂를 골재로 한 鋳型의 造型法은 대개 다음과 같은 3가지 方法으로 分類된다.

① 生型을 최초로 油中子, $CO_2$鋳型, 셀型 等 現在까지의 造型法의 대부분을 차지하는 方法으로서 鋳物砂를 鋳型상자(flask枠)에 넣으며 다지는 方法

② 셀型, 油中子, $CO_2$鋳型등 더우기 中子造型때 많이 사용하는 方法으로 吹込造型法

③ 流込에 의한 造型法으로서 석고형이나 Shaw法 및 정밀주조法(lost wax process)에서 사용되는 方法과 같이 slurry를 만들어서 鋳型을 만드는 方法으로서 이 方法은 砂混合物이 自然히 이동하기 쉬운 성질을 이용하기 때문에 造型法으로서는 값이 싼 方法이라 할 수 있다.

이상의 方法中 ①과 같이 다져서 鋳型을 만드는 造型法이나 ②처럼 付加的인 作業이 없이 ③과 같이 단순히 鋳込만 하여 鋳型으로서 조건을 만족시킬 수 있는 어느 정도 充塡密度가 높은 鋳型을 기대할 수가 있으므로 어떤 機械的作業을 가할 必要가 없이 流込한 混合物은 必要한 時間

에서 硬化하여 용융금속 鑄込時 유해한 가스가 발생하지 않은 것으로서 이 方法은 어떤 種類의 鑄物 예를 들면 복잡한 형상에서 製作개수가 적거나 機械造型을 하기 어려운 条件의 鑄物에 대해서 대단히 有効한 造型方法이 된다.

이와 같은 方法은 소련에서 개발된 FS法을 시초로 하여 많은 方法들이 流動自硬性鑄型製造法으로 사용되고 있다. 이 造型法의 원리는 액체성분의 添加量을 대단히 적게 하거나 5～10% 過剰 添加하여 発泡하게 하는 方法으로서 균일한 砂混合物을 단시간에 만들 수 있는 설비이면 된다.

종래의 自硬性砂는 砂를 鑄型상자에 충진하기 때문에 다짐(ramming), 스퀴즈(squeeze) 혹은 진동등의 보조적 作業을 必要로 하여 混練後부터 造型까지 손으로 作業을 하게 되어 鑄物砂의 可使時間을 대단히 단축시키는 것은 곤란하다. 그러므로 造型의 管理가 어렵고 鑄物工場 全体의 생산을 이 방식에 의해 하기 곤란한 점이 있기도 하다. 그러나 流動砂는 流込에 의한 方法때문에 自硬性砂의 可使時間을 단축시킬 수 있어 여러가지 利点이 있다.

流動自硬性鑄型에 관한 장단점을 요약하면 대체로 다음과 같다.

① 장점

가) 中大物의 소량생산품에 있어 造型工数의 절감이 可能하다.

나) 造型工程에서 소음이나 粉塵이 적다

다) 鑄型乾燥의 생략이 可能하다.

라) 混練設備가 저렴하다.

마) 숙련공이 必要없다.

바) 芯金費, 木型費의 절감이 可能하다.

② 단점

가) 鑄型材料費가 비교적 높다.

나) 模型의 회전이 지연되기 쉽다.

다) 塗型이 必要한 경우가 많다.

라) 특수한 경우를 除外하고 다량 생산의 경우는 生産性이 저하될 우려가 있다.

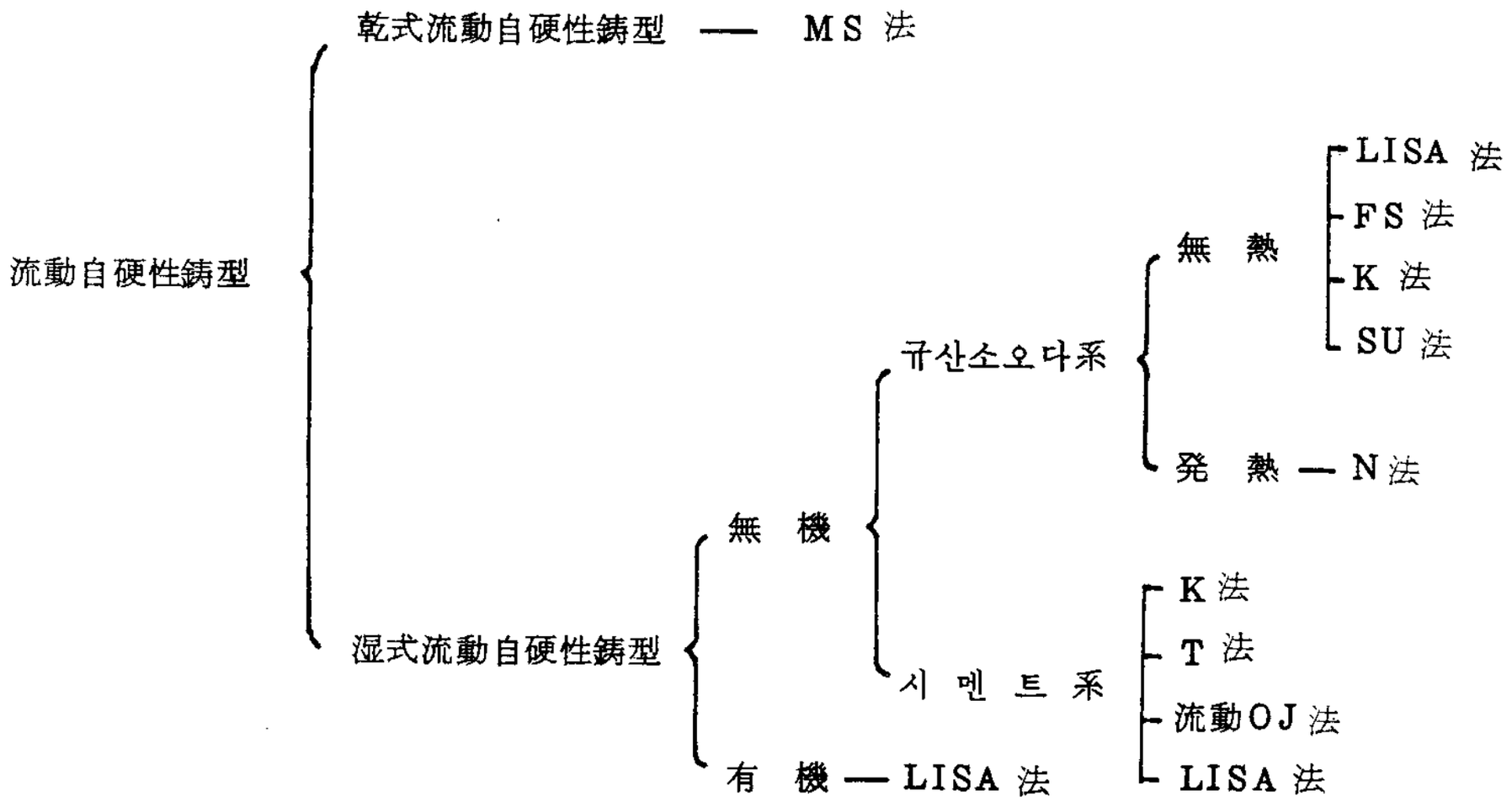
마) 탈사가 곤란하기 쉽다.

바) 거의 전부 특허문제가 있다.

流動自硬性鑄型의 自硬性砂인 充塡物에 流動性을 부여하는 것은 充塡物의 水分을 아주 적게 하는 乾式法과 반대로 過剰의 水分을 갖게하는 湿式法이 있다.

일반으로 流動自硬性鑄型은 充塡物을 slurry 状態로 하는 湿式法을 말한다. 湿式流動自硬性鑄型은 無機粘結剤를 사용하는 경우와 有機粘結剤를 사용하는 경우가 있으며 無機質粘結剤는 규

表 15 流動自硬性鑄型의 分類



산소오다系와 시멘트系가 주체가 된다. 이를 表 15에 表示한다.

湿式流動性鋳型의 共通点은 充塡物이 slurry 状態로 되는 것이다. 이 slurry는 可能한 적은 水分量으로 流込에 充分한 流動性을 갖게 하기 위하여 界面活性剤를 사용한다. 界面活性剤는 約 2,500種類가 있다. 이는 cation系, anion系 및 非ion系의 3種으로 나눈다. 이들 活性剤의 種類에 따라서 起泡力이나 消泡時間이 다르다. 流動性은 活性剤의 性質外에 混練機의 種類에도 관계가 있다. 즉 단시간에 充分히 교반되는 것이 유리하다.

流動自硬性鋳型法에 대하여 각프로세스별 発表된 標準配合을 表 16에 表示한다.

表 16　　主要 流動自硬性鋳型用 混練砂 基準配合

| 分類 | 名 称 | 発名者 | 粘 結 剤 | 硬 化 剤 | 硬化促進剤 | 水 | 活 性 剤 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 규산소오다系 | N | 일 본 (西山) | N set (규산소오다) 5 ～ 6 | N flour (Si 75% Fesi粉末) 3.5 ～ 4.6 | 수산화나트륨 0.2 ～ 0.4 | 2.5～3.5 | 0.06 ～ 0.1 |
| | SU | 일 본 | 규산소오다 5 ～ 7 | 규불화소오다 (SU powder) 1.0 ～ 1.2 | G.S 0.05 ～ 0.3 | 1.2～2.2 | SU fume 0.06 ～ 0.1 |
| | K | 일 본 | KT set (규산소오다) 6 ～ 7 | K harder (알카리토류금속) 2 ～ 4 | K 아그세라 (제 3금속산화물) 0.2 ～ 1.5 | 3 | K fume 0.1 ～ 0.3 |
| | FS | 소 련 | 규산소오다 6 ～ 7 | 2 CaO $SiO_2$ 7 ～ 10 | | 1.5～1.75 | 起泡剤 0.2～0.4 脱泡剤 0～0.001 |
| | LISA | 프랑스 | 규산소오다 5 | 고로스라그 7 | | 3.2 | 0.05 ～ 0.1 |
| 시멘트系 | 크라우드法 | 일 본 (荏原鋳造) | 시멘트 9 ～ 10 | 무기경화제 2.0 ～ 3.0 | | 9～10 | 0.3 ～ 0.4 |
| | | 일 본 (日立造船) | 시멘트 10 | 당밀 6.0 | 염화알미늄 1.0 | 6 | 0.2 |
| | 하드홀트 | 일 본 | 시멘트 10 | 하드홀트硬化剤 0.2 | | 10 | |
| | K | 일 본 | 시멘트 7 ～ 9 | 당밀 3～3.5 K harder 1.5 ～ 2.5 | K 아그세라 0.1 ～ 1.0 | 3～4 | K fume 0.1 ～ 0.12 |
| | T | 일 본 | 시멘트 8 ～ 10 | 당밀 3 | 多価알콜 0.3 | 4.5 | 0.2 |
| | 流動 OJ | 일 본 | OJ시멘트 8 ～ 10 | OJ modifier 0.6 | Setter θ 0.4 ～ 0.5 | 5～5.5 | 0.1 |
| | LISA | 프랑스 | 시멘트 8 ～ 10 | dextrine 2.5 혹은 당밀 4 | | 3 | 0.1 ～ 0.2 |

### 3-2 界面活性劑

流動自硬性鑄型의 대부분이 界面活性劑의 界面活性能(표면장력의 저하, 起泡性등)을 利用하여 自硬性鑄物砂에 流動性을 부여한다.

界面活性劑는 동일분자 내에 疎水性基(親油基)와 親水性基를 갖고 이 両基의 힘이 적당히 균형되어 액의 표면이나 界面에서 흡착한다. 吸着分子는 固有의 임계면적을 갖고 있는 것 같이 일정方向에 배향하여 용액의 표면장력을 저하하거나 起泡하게 한다. 界面活性劑는 陰陽両性 및 非ion性의 3종류가 있으므로 용도에 따라 이용하게 된다.

(1) Anion性 活性劑

음이온이 界面活性에 공헌하는 界面活性劑로서 비교적 가격이 저렴하고 다른 종류의 界面活性劑보다 생산량이 많으며 界面活性劑中에서도 가장 대표적인 것이다. 이 系의 活性劑는 일반으로 強酸의 塩으로 대부분은 硫酸化物이다. 일반성질로서는 加水分解하기 어려우며 硬水, 軟水, 金属塩, 알카리수용액에 대하여 安定性이 우수하며 이들 수용액중에서도 界面活性能이 크다.

Anion活性劑는 수용액에서 活性部分이 anion(-ion 또는 음이온)이기 때문에 cation活性劑와 共用될 수 없는 경우가 많으나 両性이온,非이온活性劑와는 共用되며 상승효과가 기대된다.

유산화물系活性劑도 알콜을 原料로 하는 유산에스텔塩系와 石油를 原料로 하는 술폰산塩系로 나누며 또한 술폰산塩系는 지방족系의 알길술폰산塩系와 방향족系의 알길술폰산塩系로 나눈다. FS法에는 이를 이용한다.

음이온系界面活性劑는 增量劑비루다를 병용하는 경우가 많으나 無機質비루다로서 유산나트리움, 트리폴리인酸나트리움등 또한 有機系의 비루다에는 CMC, EDTA등이 잘 이용된다. 界面活性劑의 起泡性 개선에 사용되나 이 비루다는 규산소오다의 겔화劑로서도 사용되므로 界面活性의 純度, 有効成分은 충분히 주의해야 한다.

(2) Cation性活性劑

酸, 硬水에는 安定하나 강한 알카리에는 불안정하다. Anion活性劑와 同程度로 界面活性能은 강하나 특히 음전하를 갖고 있는 硅砂, 金属, 鉱石등에 電荷的 直接付加性의 親和力이 강한 흡착막을 형성하는 성질이 있기 때문에 부유선광제에 이용된다. 이 성질은 流動性鑄物砂에도 가치가 있는 것으로 일부의 프로세스에 이용되고 있다. 그러나 규산소오다系流動砂에는 그다지 이용되지 않는다.

(3) 両性活性劑

수용액에서 이온해리하여 界面活性을 나타내는 부분이

① Anion活性과 Cation活性

② Anion 活性과 非 ion活性

③ Cation活性과 非 ion活性

의 組合된 原子団을 1分子中에 함유한 界面活性劑로서 그의 活性劑는 산성측용액에서는 cation性을 알카리성용액에서는 anion性活性劑의 특징을 표시하는 성질을 가진 것으로 용액의 PH에 지배되는 것이 적고 硬水, 산, 알카리용액에 대하여 安定性이 크며 용액중의 불순물에 影響을 받는 것도 적어 流動性鑄物砂의 起泡劑로서 사용에 효과가 있다.

(4) 非이온活性劑

수용액에서 이온해리는 하지 않으나 다른 活性劑와 같이 同一分子中에 親油性部分과 親水性部分으로 되어 있으며 硬水, 金属塩, 산, 알카리수용액중에서는 anion, cation, 両活性劑보다도 더욱 安定性이 크므로 비교적 고농도의 산, 알카리용액중에서도 안정된 界面活性能을 표시하는 것이 이 系의 活性劑에는 많다. 非이온活性劑는 非이온성이므로 anion 또는 cation活性劑와共用하는 것이 可能하여 그의 組合에 의한 것은 단독으로 사용하는 것보다 효과적인 界面活性能이 기대된다. 이 系의 것은 일반으로 거품이 일어나는 能力은 적으나 표면장력의 저하등 界面活性能은 나쁘지 않다. 非이온系活性劑의 活性能은 HLB価로서 표시하는 경우가 있으며 評価方法으로 편리한 것으로 되어 있다.

### 3-3 규산소오다系流動自硬性鑄型

규산소오다系流動自硬性鋳型에는 室温에서 硬化되는 것과 発熱에 의하여 硬化되는 것이 있다.

### 3-3-1 FS 法

FS法은 소련에서 개발한 Fluid Self Harding Mixture Process, Fluid Self Setting Mixture Process 또는 Liquid Self Hardening Mixture Process라 称하는 것으로 처음 FM法이라 약칭하였으나 Full Mold法과 구별하기 위해서 FS法이라 한다.

#### (1) FS法의 사용재료

硅砂는 流動性을 부여하기 위하여 粒形은 원형이고 粒度는 균일한 것으로 細目보다 粗目이 좋고 특히 微粉이나 粘土는 규제된다. $SiO_2$는 鋳鋼의 경우 95%정도 必要하나 鋳鉄의 경우는 특별히 제한하지 않는다.

回収砂는 砂粒表面에 固着한 규산소오다나 硬化剤의 피막을 機械的으로 제거된 상태로 再生할 必要가 있다.

硬化剤는 金属정련스라그로 제조과정의 처리상태에 따라 良否가 결정된다. 따라서 製造業体에 따라 品質이 다소 차이가 있는 것으로 速硬性, 遅硬性이 있다. 기온등에 따라 구분 사용한다.

규산소오다는 고몰비의 것이 좋다. 이는 強度 및 流動性이 높고 용융금속 주입後 사락성도 양호하다. 저몰비로서는 경화속도가 늦다. 기온의 차이에 따라 몰비 2.8～3.1의 것을 사용한다.

起泡剤는 최소의 첨가량으로서 충분한 流動値를 갖도록 하고 鋳込完了와 同時에 消泡되어 流動性이 없어지는 것이 이상적이다. 起泡剤의 添加量이 増加되면 強度가 떨어진다. 거품(泡)의 안정시간은 小物에서는 3～5分, 大物에서는 10～15分이다. 起泡剤로서는 일반으로 음이온系가 사용되나 泡의 安定度를 고려하여 2액을 사용한다. 이 사용법은 규산소오다의 몰비등에 관계가 있다.

특수제로서 中子의 崩壊性을 개선하기 위하여 사용하는 崩壊剤나 추운곳에서 사용하는 速硬剤(석고등)를 사용하는 경우가 있다.

#### (2) 配合基準 및 混練

気温 및 原材料의 温度가 높게되면 泡의 安定性이 나쁘게 되어 流動性이 低下하고 硬化速度가 빠르게 된다. 低温의 경우는 이와 반대로 된다. 따라서 이 変化에 따라 配合의 基準을 変化시킨다. 配合量의 増減은 다음과 같은 影響이 있다.

규산소오다가 많아지면 常温強度를 증가하고 流動性도 増加하나 高温強度는 떨어진다. 硬化剤를 증가하면 流動性이 나쁘게 된다. 回収砂를 많이 사용하면 규산소오다, 起泡剤 및 물의량을 増加하여야 한다.

標準配合과 混練砂의 性質을 表17에 표시한다.

表 17 工場別標準配合 및 性質

| | | A | B | C | D | E | F | $G_1$ | $G_2$ | $G_3$ | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 標準配合(중량%) | 新砂 | 50 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 80 | 50 | 0 | 95～96 | 100 |
| | 回収砂 | 50 | 50 | – | – | – | – | 20 | 50 | 100 | – | – |
| | 硬化剤 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4～5 | 4.4 | 4.5 | 4.5 | 5～4 | 4 |
| | 규산소오다 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7.9 | 6 | 5.8 | 5.4 | 6～7 | 6.8 |
| | 起泡剤 | 0.25 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.15 | 0.32 | 0.32 | 0.24 | 0.28～0.32 | 0.2 |
| | 水 | 3 | 2.8 | 1.8～1.2 | 2～2.2 | 1.6 | 2.0 | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.5～3.0 | 3 |
| | 特殊剤 | | | 0.1～0.2 | | | | | | | | |
| 混練型式 | | batch | batch | batch | batch | 연속 | 연속 | 연속 | 연속 | 연속 | batch | batch |
| 유동치 | 직후 | 82 | 1500 | 7～12 | 75～82 | 140< | 160～180 | | 8.2～9.2 | | 80 | |
| | 5分後 | 75 | 2300 | | | | | | | | | |
| 강도 ($kg/cm^2$) | 1 Hr 後 | 2.1 | 1.5～2.0 | 0.7(0.5 Hr) | 3 | | 3< | | 2 | | | |
| | 24 Hr 後 | 12～16 | 8～10 | 8 | 14～16 | | 10< | | 16 | | | |
| 통기도 | 24 Hr 後 | 440 | 600 | | 350～450 | | | | 500 | | | |

混練機는 添加劑의 配合量을 可能한 적게하여 低動力, 단시간에 좋은 性狀의 混練砂를 얻을 수 있도록 한다. 또한 砂粒이 상하지 않고 混練이 잘 이루어져 공기의 혼입을 조장하여 水分이나 添加劑등의 비산을 방지하는 구조가 必要하다.

(3) 造 型

模型의 表面은 凹凸이 없도록 손질을 해야 하며 模型에 모래가 붙은 것을 방지하기 위하여 등유 또는 등유에 파라핀을 혼합한 것을 바른다.

混練完了後 流出까지 시간이 길어지면 混練砂가 変質되므로 混練完了와 동시에 流出해야 한다. 流出口의 높이와 주형상자 및 模型의 設定위치가 変하여도 混練砂의 性狀이 変한다. 높은 위치로부터 1개소에 집중하여 流込하면 作業도형이 떨어지거나 泡가 말려 들어가 鑄型表面에 泡粒이 생기므로 흐름을 낮추어서 이동토록 하는 것이 좋다. 흐름이 나쁜 장소에서는 손으로 하든지 진동을 준다. 따라서 流込의 위치 및 높이는 가감될 수 있는 것이 좋다. 混練完了後는 混練物이 混練機內에 남아 있지 않도록 빨리 배출해야 한다.

이형은 流込完了後 40～50分 지나후 한다. 형의 보수에는 FS砂, $CO_2$砂, 시멘트砂, 다이칼砂 등을 사용한다.

塗型은 水性을 두껍게 하는 것이 일반적이다. 이 경우 180～200℃에서 2～4 Hr 건조한다. 또는 製品에 따라 메탈놀系 塗型도 24～30 Hr 방치후 용융금속을 주입하는 경우도 있다.

(4) 適用範囲

FS法을 채용하는 工場의 보고에 의하면 灰鑄鉄 및 球状黒鉛鑄鉄은 70%, 鑄鋼 30% 比率로 사용하며 특히 鑄込材質이 不適合한 것이 없다. 鑄造部品의 用途別은 鑄型 및 정반, 産業機械 金属加工機械, 차량, 선박항만 관계등이다. 製品의 크기는 최대 10 ton, 최소 20 kg, 평균 600 kg, 평균두께 30 ㎜(최대 300 ㎜, 최소 10 ㎜)이다. 또한 ingotcase以外의 대부분은 主型이며 生産体制로 보면 木型 1種類当 월산 10～15개(최대 100個)의 多種中量生産이다.

(5) 設 備

設備의 중심은 混練機로서 特殊混練機가 아니라도 流動砂의 混練이 可能하면 된다. 다만 流動鑄型의 크기에 따라 作業効率을 向上하기 위하여 混練機는 造型機의 일부로서 설치한다.

原料의 저장은 砂의 温度에 어떤 変化를 주지 않고 硬化劑가 공기와 接触하거나 물에 接触되지 않도록 하며 活性劑에 의하여 침식이 일어나지 않은 용기를 선택해야 한다. 또한 규산소오다는 温度変化가 없는 場所에 設置해야 한다.

材料의 計量은 計量오차를 可能한 적게 하며(目標1%이내), 기후의 変化나 製品의 内容에 따라 조정 可能토록 한다. 눈금의 설정이 간단히 되도록 하며 計量으로 부터 投入까지의 時間的 손실이 적게 할 必要가 있다.

混練은 添加劑의 配合量을 可能한 적게 하고 低動力, 단시간에 混練이 되도록 하며 水分이나 添加劑등의 비산을 방지하는 구조가 必要하다.

混練装置의 실시예를 그림 11 및 그림 12에 표시한다.

(6) 利点과 欠点

**利 点**

다짐을 하지 않고 流動物의 重力落下에 의한 流込方式이므로 重労働이 없어 造型工数가 절감되고 流込에 의하여 鑄型表面의 凹凸이 없고, 칫수정도가 정확하게 된다. 騒音, 粉塵이 発生하지 않으므로 工場의 作業環境이 개선된다. 作業合理化 때문에 大型molding machine이 必要없다. 사처리장치와 鑄物砂의 공급장치가 造型機의 일부를 겸하여 造型作業의 機械化, 自動化가 용이하다. 混練砂의 겉보기비중이 가벼우므로 단위용량당의 原料사용량이 적다. 水性塗型의 低温乾燥外는 乾燥가 必要없다. 木型의 손상이 적어 수명이 길다.

**欠 点**

造型할 때 木型面에 깊이 스며들게 되므로 塗料에 특별히 주의해야 한다. 특별히 두꺼운 것이나 注湯높이가 높은 것은 핀불량 発生에 주의해야 한다. 또한 鑄物表面의 결함을 방지하기 위하여 塗型을 해야 한다.

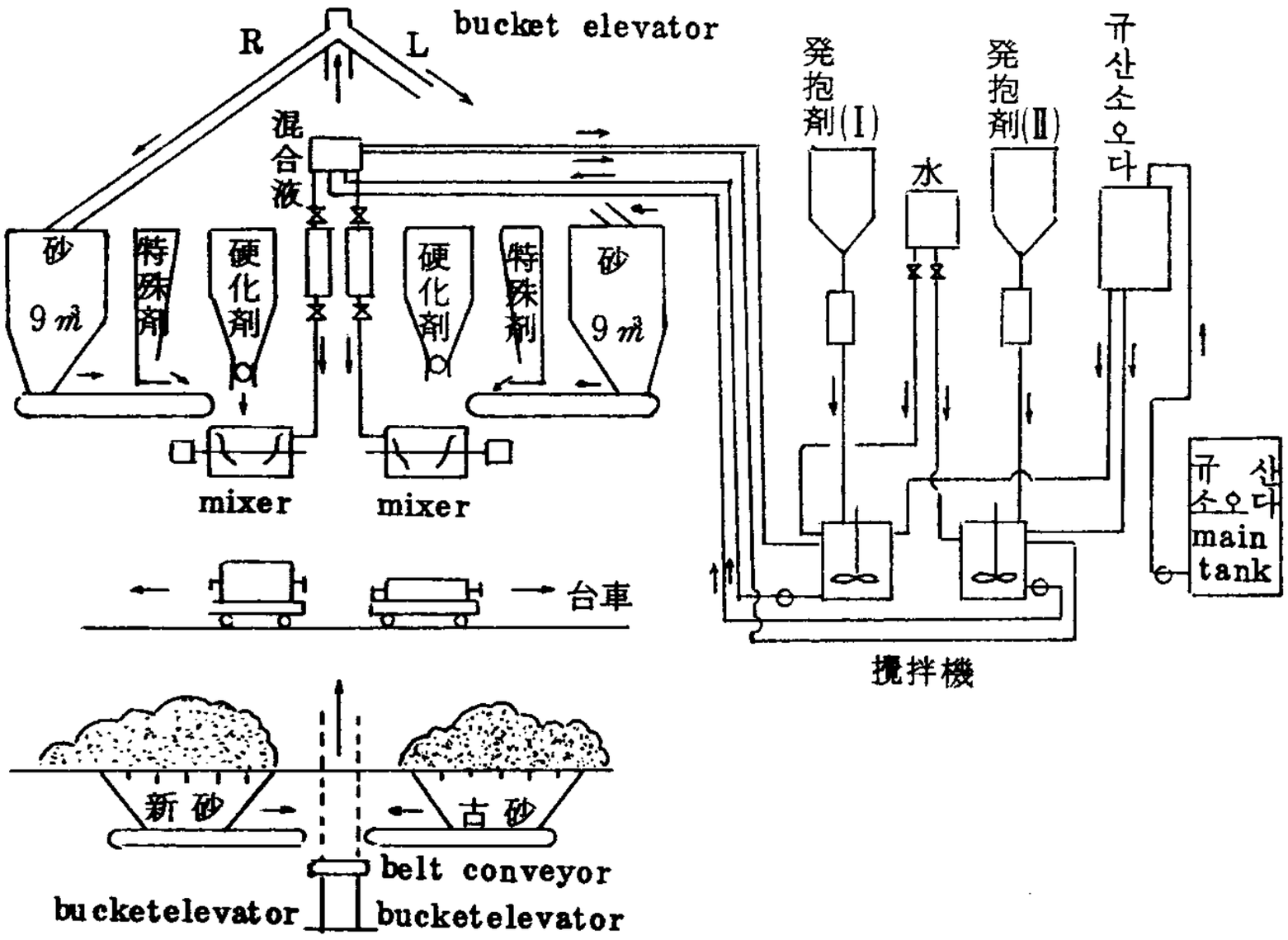



그림 11　6－12 t／h FS砂混練装置 実施例(1) batch

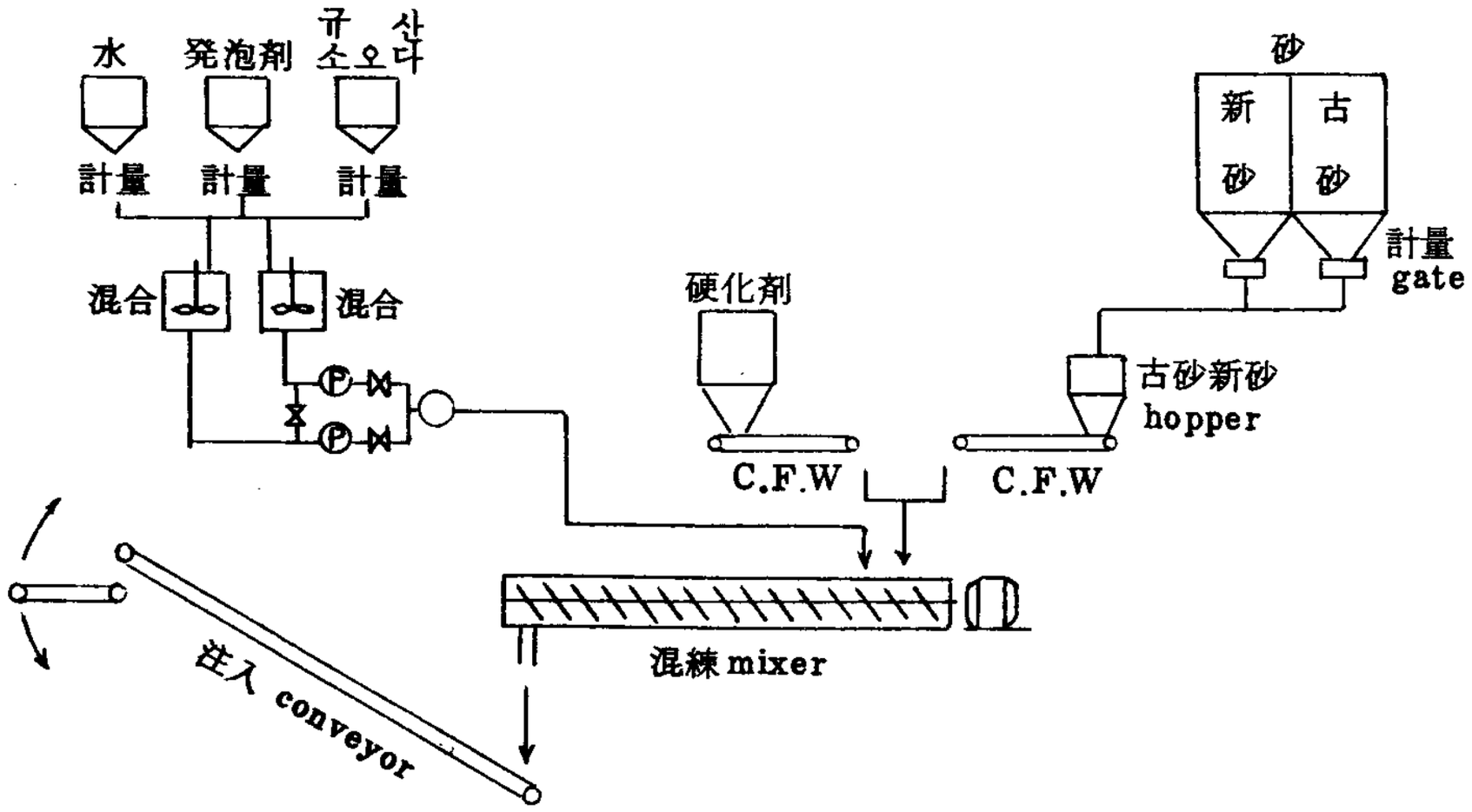



그림 12　連続混練装置系統図 実施例(2)連続式

### 3-3-2 SU 법

이 流動自硬性鑄型法은 鑄鉄이나 鑄鋼은 물론 非鉄이나 軽合金鑄物까지 사용한다. 더우기 鑄鋼에 대하여 우수한 特質이 있는 것으로 되어 있다.

(1) 使用材料와 配合比

砂粒에 규산소오다(몰비 2.7～3.3, Be' 39～45), 硬化剤(SU powder), 硬化促進剤(GS) 界面活性剤(SU fume)와 물을 表18에 表示한 바와 같이 계절에 따라 配合比를 変化, 混合하여 流動自硬性砂로 만든다.

(2) 混砂法

SU法用混砂機로서는 단시간에 균일혼합과 発泡가 重要하므로 최소 1分間에 90回転 이상의 조건을 만족하는 混砂機가 바람직 하다.

混砂는 砂에 SU powder와 GS를 加하여 混合하고 규산소오다를 가하여 混合, 여기에 水와 SU fume의 混合物을 가하여 混砂한다. 겨울에는 硬化促進때문에 냉수보다 더운물을 사용하는 것이 좋다.

(3) 実施例

表19에 表示한 配合으로서 混砂機(100 rpm)를 사용하여 砂, SU powder, G S, 규산소오다를 차례로 添加하여 20초 混砂한 後 여기에 물과 SU fume의 混合物을 添加하여 30초 混砂한다. 이때 기온은 32℃, 습도 69%이다. 이 砂混合物의 slamp값은 9.4, 嵩比重은1,295이다. 鑄型은 硬度, 圧縮強度, 残留水分, 通気度등의 変化는 表20 및 그림 13과 같다.

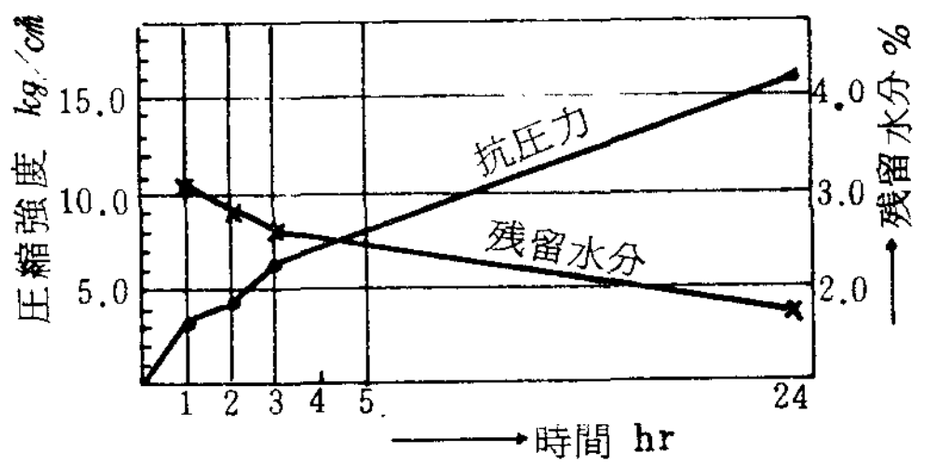



**그림 13** 経過時間과 抗圧縮強度, 残留水分의 関係

**表 18 配 合 比 率**

| | 여 름 | 봄 · 가 을 | 겨 울 |
|---|---|---|---|
| 硅 砂 | 100 % | 100 % | 100 % |
| SU powder | 0.8 ～ 1.0 % | 1.0 ～ 1.1 % | 1.0 ～ 1.2 % |
| GS | 0.05～ 0.1 % | 0.1 ～ 0.2 % | 0.2 ～ 0.4 % |
| SU fume | 0.1 ～ 0.13 % | 0.1 ～ 0.13 % | 0.1 ～ 0.13 % |
| 水 | 1.3 ～ 2.5 % | 1.3 ～ 2.5 % | 1.3 ～ 2.5 % |
| 규산소오다 | 5～7% 몰비(3.0) | 5～7% 몰비(3.0～3.2) | 5～7% 몰비(3.1～3.4) |

**表 19 實 施 時 의 配 合**

| | 硅 砂 | SU powder | GS | 몰비 2.9 규산소오다 4.5 Be' | SU fume | 水 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 量 | 10 kg | 100 g | 5 g | 550 g | 10 g | 100 g |
| 部 | 100 | 1 | 0.05 | 5.5 | 0.1 | 1 |

**表 20 鑄 型 의 性 質**

| 表面硬度 (生型硬度計) | | | | 圧縮強度 (kg/cm²) | | 残留水分 | 通気度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15分 | 30分 | 45分 | 60分 | 1時間 | 24時間 | (24時間) | (24時間) |
| 70～75 | 70～75 | 80 | 85 | 3.45 | 15.75 | 1.84 % | 950 |

### 3-3-3 K법 ( 규산소오다系 - 川重式 流動自硬性砂

K法은 규산소오다系와 당밀-시멘트系의 두 種類가 있다.

(1) 種類와 原理

K法-규산소오다系는 다음과 같이 4 種類가 있다.

① 混式無熱型( 규산소오다-CA-活性剤)
② 混式発熱型( 규산소오다-CA-Al-活性剤)
③ 半乾式無熱型(규산소오다-CA-微量活性剤)
④ 半乾式発熱型(규산소오다-CA-Al-微量活性剤)

特殊鋳鋼을 대상으로 하여 実用試験의 結果 이들의 사용상의 特徴으로서 発熱型은 中子用,無熱型은 主型用, 混式은 複雑한 型으로서 비교적 두께가 엷은 단중의 작은 製品에 적당하다.

硬化反応기구는 대단히 複雑한 것으로 無熱型의 경우 규산소오다중의 물이 CA( $CaO \cdot Al_2O_3$ )와 水和反応으로써 탈수되는 것이 硬化의 최대 原因으로 추정하고 있다. 즉 규산소오다는 (1)式과 같이 加水分解한다.

$$2\,NaO \cdot SiO_2 + mH_2O \rightleftarrows NaOH + SiO_2 + nH_2O \quad \cdots\cdots (1)$$

여기서 생성된 $nH_2O$가 CA( $CaO \cdot Al_2O_3$ ) 와 (2)式의 水和反応을 일으킨다.

$$CA + nH_2O \rightarrow CAH_{10} \rightarrow C_2AH_8 + AH_3\ gel \rightarrow C_3AH_6 + AH_3\ gel \quad \cdots\cdots (2)$$

여기서 C ; CaO, A ; $Al_2O_3$, H ; $H_2O$의 뜻임.

이와같이 (1)式의 물이 (2)式에서 소비되므로 (1)式중의 $SiO_2$(gel)가 多量으로 발생하여 硬化가 진행되는 것으로 추정하고 있다. 한편 発熱型에서는 이 反応이 다음의 (3)式의 反応이 부가되어 (1)式의 反応이 촉진되는 결과가 된다.

$$2\,Al + 2\,NaOH + 2\,H_2O = 2\,NaAlO_2 + 3\,H_2\nearrow \quad \cdots\cdots (3)$$

주반응으로서는 설명하였으나 보조로서 硬化速度를 自由롭게 조정하기 위하여 硬化調整剤,可使時間을 연장하는 지연제, 混式発熱方式에서 必要한 消泡剤등이 必要에 따라서 사용된다.

(2) 材料基準

(가) 硅 砂

K프로세스뿐만 아니라 어떠한 方式이라도 砂種類, 産地에 따라서 混練砂의 성질이 다른 것으로 그림 14는 K法(반건식무열형)에 있어서 硅砂의 種類가 상이함에 따라 放置圧縮強度의 影響을 表示한다(粒度分布는 어느 경우든지 40, 50, 70 mesh의 합계가 70%에 달한다). 이와같이 粒度分布는 비슷하나 圧縮強度가 다르게 나타나므로 사용하고저 하는 硅砂를 결정하기 위해서는 예비시험이 必要로 한다.

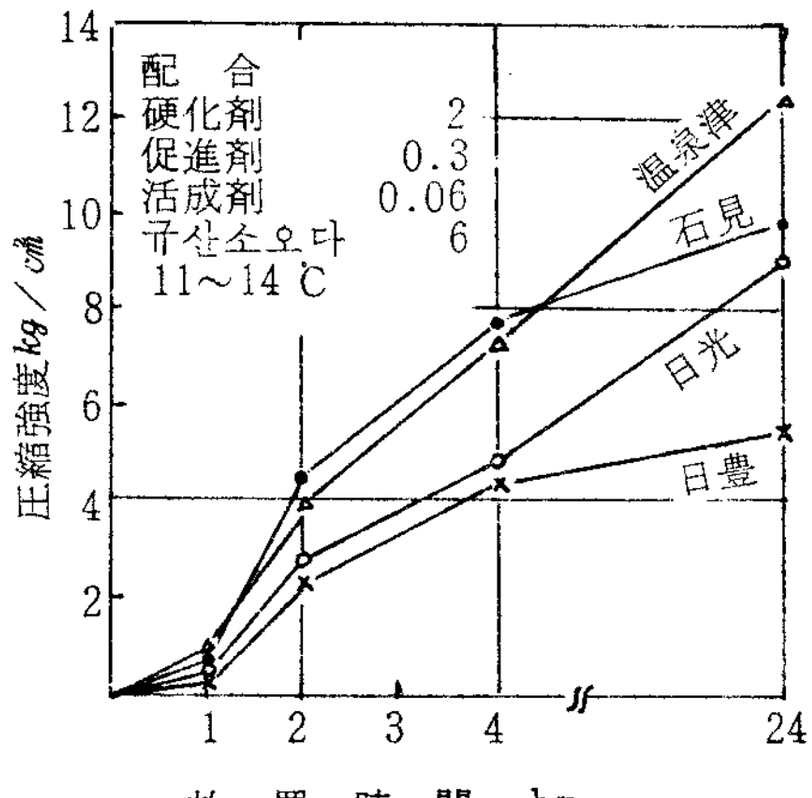



**그림 14** 硅砂의 種類와 圧縮強度의 関係

(나) 硬化剤

CA系硬化剤를 사용하므로 다른 프로세스에 비하여 大気接触面과 鋳型内部의 強度差가 대단히 적다. 따라서 複雑한 형상의 主型이나 中子의 경우 変型이 적은 것이 特徴이다.

(다) 硬化促進剤

硬化促進剤로서 金属의 水酸化物을 사용한다. 따라서 여름과 겨울에 硬化時間을 일정하게 유지하는 것이 可能하다.

(라) 반응지연제

製品에 따라서 可使時間을 연장하는 경우 특수훼놀레진의 添加에 의하여 60℃의 砂温에서 30分, 겨울에 7時間 可使時間을 연장하는 것이 可

能하다.

(바) 界面活性劑

Anion系 界面活性劑를 사용하며 특히 반건식형의 경우 添加量은 최대 0.06%이다.

(사) 규산소오다

低몰비(M.R.2.0)의 것이 적당하고 고몰비의 것은 強度가 낮다.

(3) 鑄物砂의 性質

(가) 규산소오다의 몰비에 의한 影響

硅砂 100에 대하여 各 몰비 규산소오다 6, 硬化劑 5, 硬化促進劑 0.6, 界面活性劑 0.05, 水 3의 배합으로서 混練한 鑄物砂를 성형후 放置強度의 変化를 그림 15에 表示한다. 이 결과로서 알 수 있는 바와 같이 K法의 硬化劑는 몰비가 낮은 경우가 硬化速度가 빠르다. 몰비 2, 3보다 높은 경우는 24時間 경과후 圧縮強度가 대단히 낮아 実用할 수가 없다. 이 현상은 $CO_2$法法이나 $2CaO \cdot SiO_2$를 硬化劑로 사용하는 경우와 전연 반대의 関係이다.

(나) 硬化劑量과 放置強度

규산소오다를 主粘結劑로 하는 鑄型의 硬化劑 예를들면 $2CaO \cdot SiO$는 添加量을 增加시키면 硬化速度는 빨라지며 한편 24時間 放置強度는 저하한다. 그러나 K法에 있어서는 硅砂 100, 규산소오다(몰비 2.0, 39 Be') 9, 硬化劑 2,3,4,5 의 4種類, 硬化促進劑 0.6, 界面活性劑 0.2, 流動値 6인 鑄物砂에 대하여 성형후 放置時間에 따른 圧縮強度의 変化를 그림 16에 표시한다. 이 결과 硬化劑量의 증가에 따라 초기강도, 24時間 강도 모두 증가함을 알 수 있다. 한편 硬化劑量은 2.5~3%로서 충분히 실용가능한 강도를 얻을 수 있다.

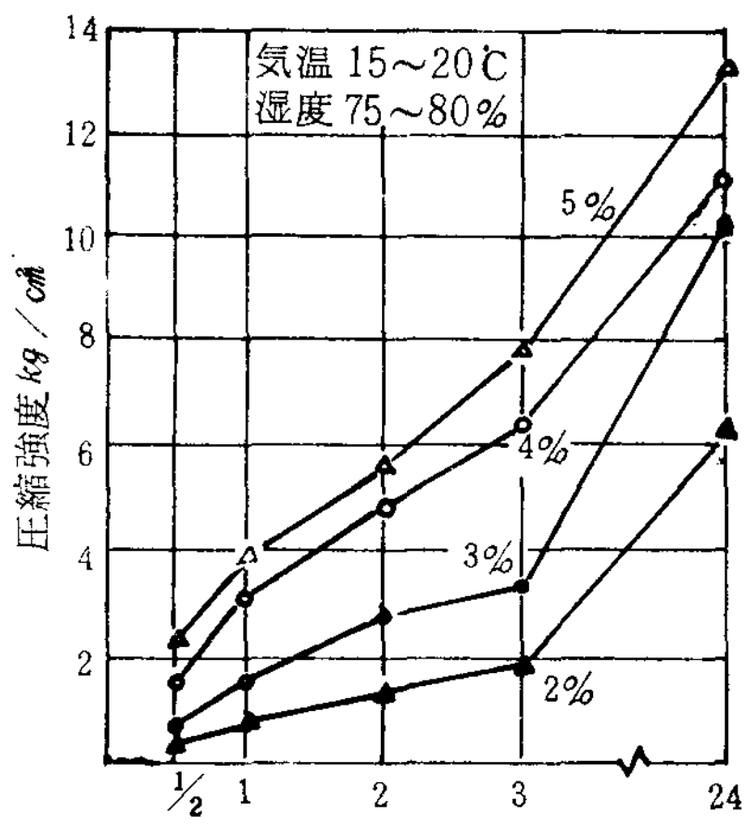



**그림 16** 硬化劑量과 放置強度

(다) 硬化促進劑의 效果

流動自硬性鑄型의 硬化反応速度는 気温에 따라서 影響을 받게 되므로 실제 현장에서 여름과 겨울의 硬化速度가 현저하게 変化되므로 作業에

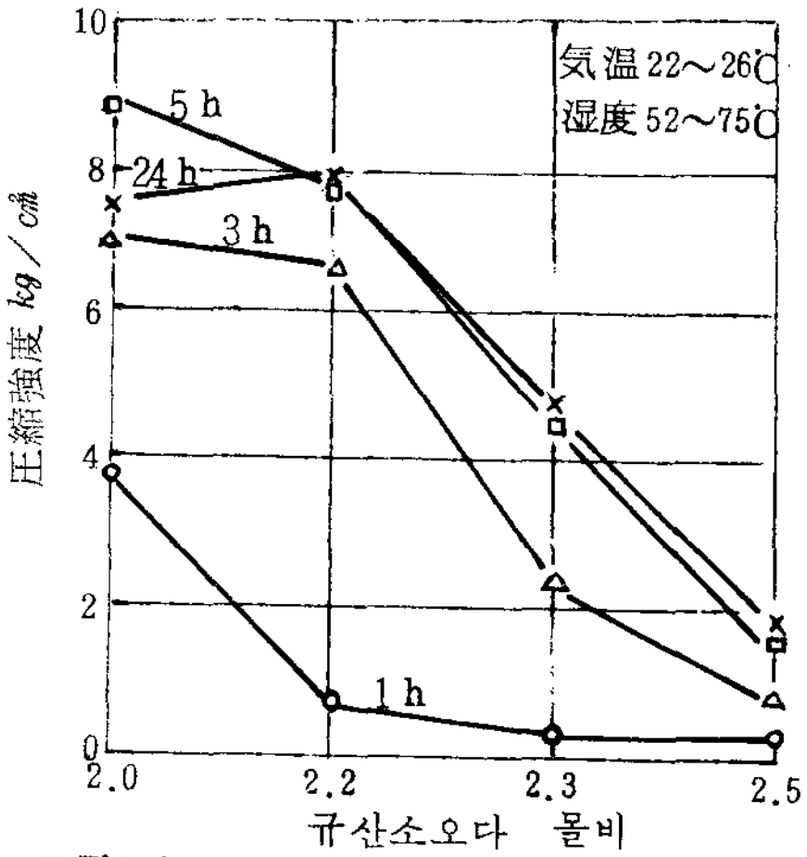



**그림 15** 규산소오다 몰비에 의한 圧縮強度의 影響

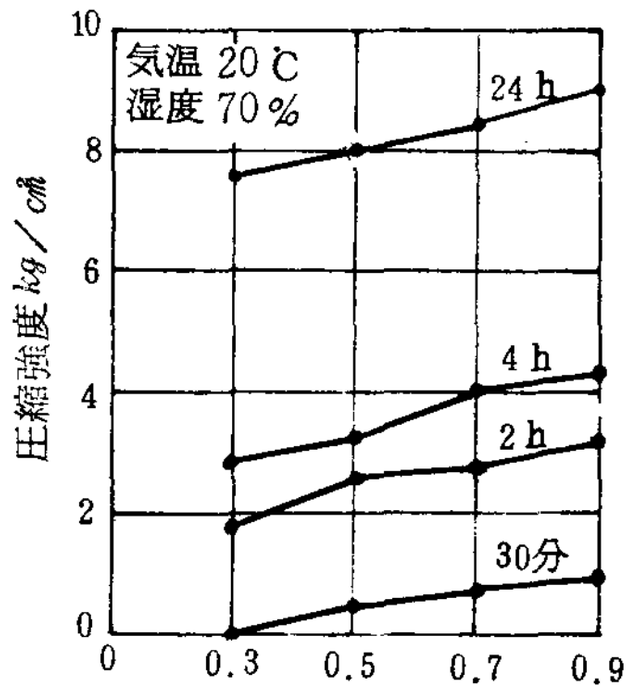



**그림 17** 硬化促進劑의 效果

있어서 곤란하게 된다. 그러므로 $CO_2$ 法이나 $2CaO \cdot SiO_2$ 를 硬化剤로 하는 自硬性鑄型에 있어서는 규산소오다의 몰비를 계절에 따라 変化시킨다. 그러나 K法은 高몰비의 규산소오다를 사용할 수 없으므로 硬化速度의 조정은 경화촉진제량에 따른다.

그림 17은 鑄物砂의 경화속도에 대하여 경화촉진제량의 영향에 대하여 표시한다.

### 3-3-4 流動N법

流動N法에는 湿式法과 乾式法의 2種類가 있다. 湿式法은 FS法과 같이 発泡剤와 물에 의하여 거품(泡)의 性質을 利用한 流動方式이며 乾式法은 砂混合物中의 액체성분을 가능한 적게 하여 流動性을 갖도록 한 方法이다.

(1) 湿式流動砂

湿式流動砂는 N法砂의 配合에 특수한 起泡剤를添加하여 流動性을 부여한 것으로 流込된 流動砂는 発熱에 의하여 탈수로 인하여 硬化되는 것은 N法과 동일하다.

1) 사용材料 및 配合比

湿式流動N法의 기본配合은 表21과 같다. 砂粒이 新砂만을 사용하는 경우와 回収砂를 사용하는 경우 添加剤의 配合比가 다르다. 表21의 배합비는 新砂만을 사용한 기본배합이다. 回収砂를 사용하는 경우는 回収砂와 新砂의 混合比에 따라서 配合比를 기본 배합비보다 점차 적게 해야 한다. 回収砂의 사용량이 新砂에 비하여 많은 경우는 각종 添加剤의 량은 적게 하여야 한다.

表21 濕式流動N법砂의 基本配合

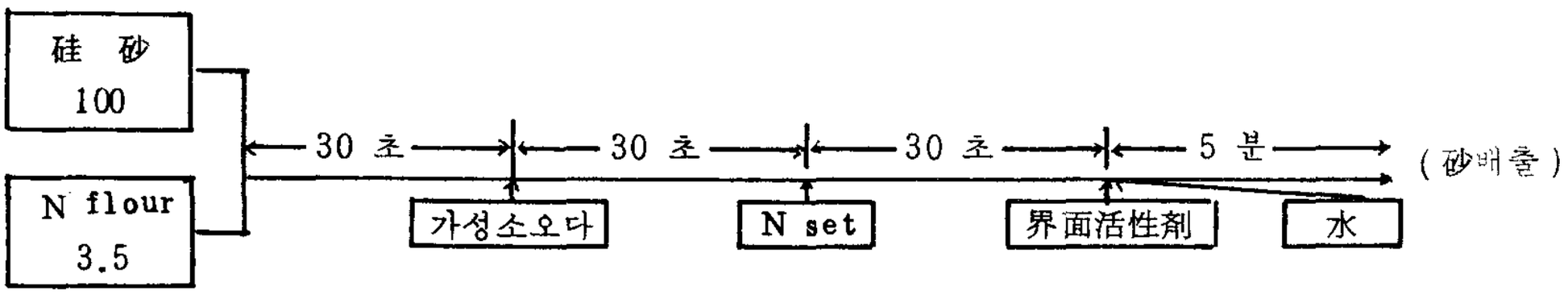
(중량, %)

| 材 料 | 규 사 | N flour (Fe-Si 粉) | 가성소오다 | N set (규산소오다) | C - 6 | 물 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 配 合 比 | 100 | 3.5 | 0.3 | 6 | 0.08 | 1.5 |

2) 混砂法

湿式流動N法의 砂를 混合하기 위한 混砂機는 콘크리트믹사형 또는 니타형의 것이 좋다. 混砂順序는 表22에 表示한 바와 같다. 건조규사에 N flour를 添加하여 30～60秒間 混合한 다음 硬化剤 K(가성소오다)를 添加하고 계속하여 N set(규산소오다)를 添加하여 30～90초간 混合한다. 규산소오다, 硬化剤등 전부 添加한 후에 起泡剤(界面活性剤 C-6)를 添加하여 30～300초間 混合하면 砂混合物은 完全히 流動化한다.

表22 混 砂 順 序 와 時 間




3) 砂混合物의 性質

砂混合物의 流動性은 砂의 温度에 의하여 그림18에 表示한 바와 같이 変化한다. 한편 温度가 낮아지면 流動性은 低下한다. 그러나 그림18에 의하면 混砂時間을 길게하면 流動性은 좋게되며 混砂時間이 15分에서는 温度에 대한 流動性은 影響이 적게 된다. 그러나 이 砂도 自硬性이므로 混砂時間을 길게 하는 것은 좋지 않다. 流動性을 크게 할려면 砂温을 높게 하는 것이 바람직하다.

砂混合物의 全水分量과 여러가지 성질의 관계를 나타낸 것이 그림 19 와 같다. 流動性을 나타내는 slamp치는 全水分量이 많아지면 크게되며 7%이상에서는 그다지 効果가 없다. 한편 圧縮強度는 全水分量이 많게 되면 저하하며 최고온도에 도달하는 時間은 크게 된다. 또한 全水分量이 많아지면 残留水分도 必然的으로 많게 된다. 그러나 그림 19에 表示한 바와 같이 全水分範囲에서는 鋳型으로서 適性이 인정되며 결함이 없는 鋳物을 얻는다.

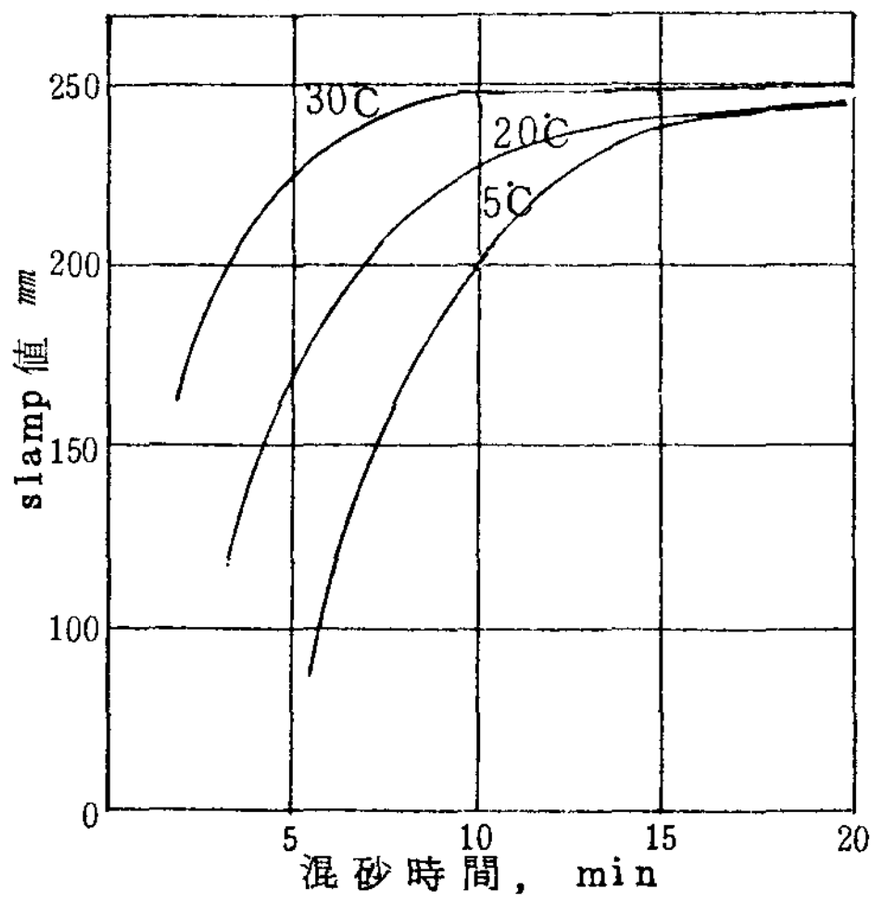



**그림 18 砂温과 流動性의 關係**

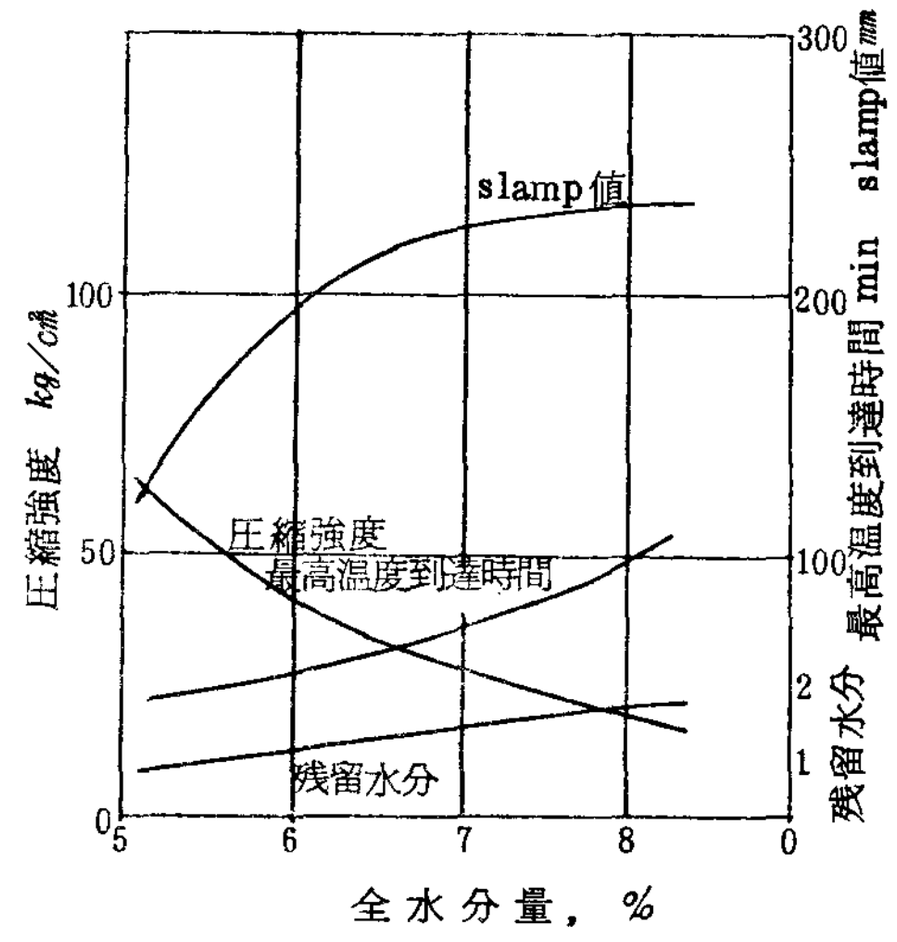



**그림 19 全水分量과 反應性 및 鋳型의 性質**

이 方法은 실제면에서 問題点은 造型後 上面에 다소 부풀거나 수축현상을 볼 수 있는 것과 模型에 鋳物砂가 부착되기 쉬운 것 등이다. 이는 乾式流動N砂에 의해서는 해결이 될 수 있으며일부 湿式의 경우에서도 해결이 可能하다.

(2) 乾式流動砂

N法의 配合에서 砂의 流動性을 지배하는 것은 규산소오다이다. 따라서 규산소오다의 添加量을 적게 하면 砂의 流動性이 좋게 된다. 그러나 硬化反応이 나쁘게 된다. 그러므로 여기에 가성소오다와 같은 反応促進剤를 添加하면 流動性을 해치지 않고 적당한 反応을 일으킬 수 있다.

1) 규산소오다의 比重과 鋳型性質

규산소오다의 添加量을 일정하게 하여 농도(比重으로 表示)를 変化시킴에 따라 鋳型의 性質変化를 나타낸 것이 그림 20 이다.

嵩比重은 규산소오다의 比重이 増加함에 따라 서서히 어느 点에서 급격히 저하한다. 嵩比重이 크면 잘 충진되는 것으로 이는 流動性이 우수함을 의미한다. 그림 20 에 의하면 규산소오다의 농도가 크게 되면 流動性은 저하한다. 鋳型의 강도는 증가하고 残留水分은 감소함을 알 수 있다.

2) 규산소오다添加量과 鋳型의 性質

규산소오다의 添加量을 変化시키면 鋳型의 여러가지 성질은 그림 21에 表示한 바와 같이 変化의 경향을 나타낸다. 한편 嵩比重은 규산소오다

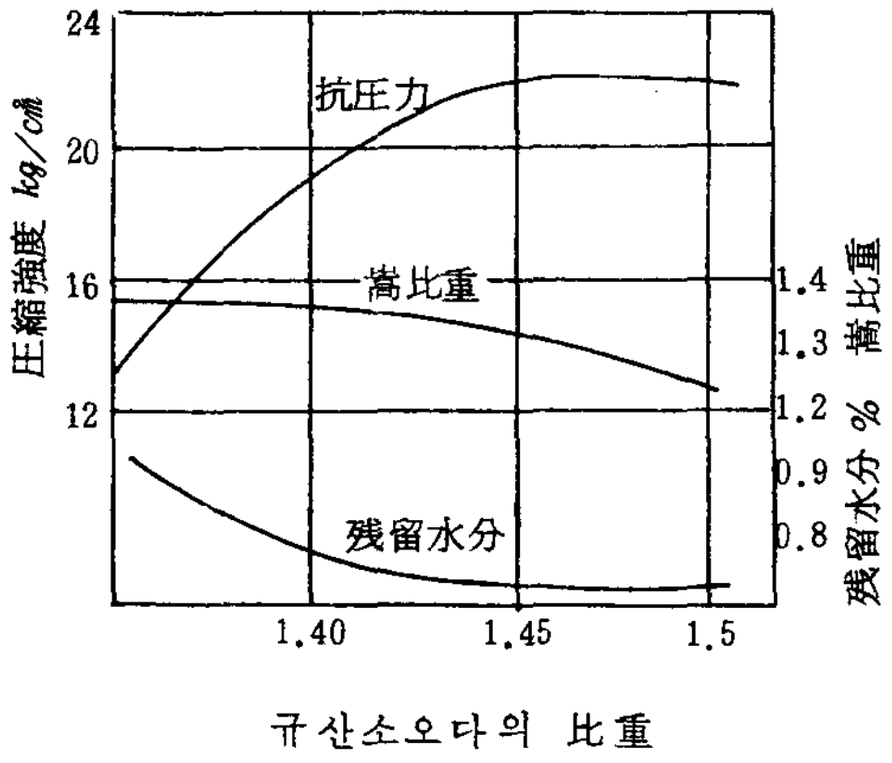



**그림 20 규산소오다의 比重과 鋳型性質**

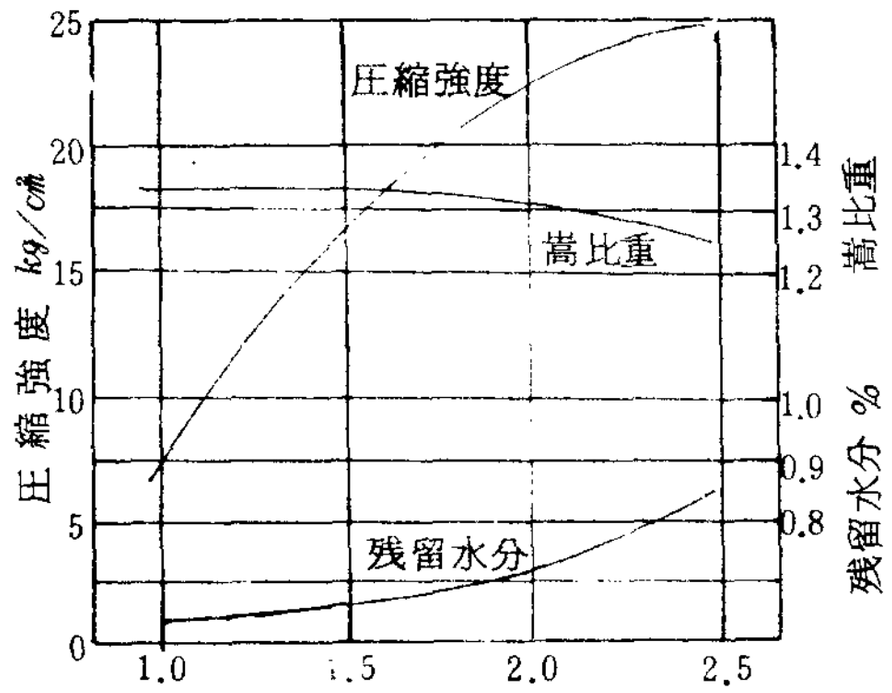



**그림 21　규산소오다의 添加量과 鑄型性質**

의 添加量의 增加에 따라 점차 저하하여 砂의 流動性 低下를 表示하며 強度와 残留水分은 모두 增加하고 있다.

3) 기타 添加劑와 鑄型의 性質

N flour (Fe－Si 粉)의 添加量을 보통의 配合에서 서서히 감소시키면 圧縮強度는 低下하며, 残留水分이 많아지며 嵩比重이 크게되며 砂의 流動性은 좋게 된다.

또한 硬化促進劑를 증가하면 강도는 증가하여 어느 添加量에서 최대가 되며 그 이상 添加量이 많아지면 強度는 반대로 급격히 저하한다. 残留水分은 硬化劑의 소량첨가에 의하여 다소 低下하나 강도가 최고값에 도달하기 전 硬化劑 添加量에 의하여 급히 증대한다. 硬化促進劑는 鑄型의 다른 성질에 의해서도 사용량은 최소로 한다.

4) 標準配合과 鑄型의 性質

乾式流動砂의 標準配合을 表 23에 표시한다. 混砂機는 종래의 速練機형이 좋다.

混砂法은 건조규사에 규산소오다를 가하고, 硬化促進劑를 添加하여 30～90초간 混合한다. 다음에 N flour를 添加하여 30～90초간 混合하면 乾式流動砂가 된다.

**表 23　　N 법 乾 式 流 動 砂 標 準 配 合**

| 材　料　名 | 규　　사 | 규 산 소 오 다 | N flour | 硬　化　劑 |
|---|---|---|---|---|
| 配 合 率 (重量) | 100 | 2.3 | 1.5 | 1.0 |

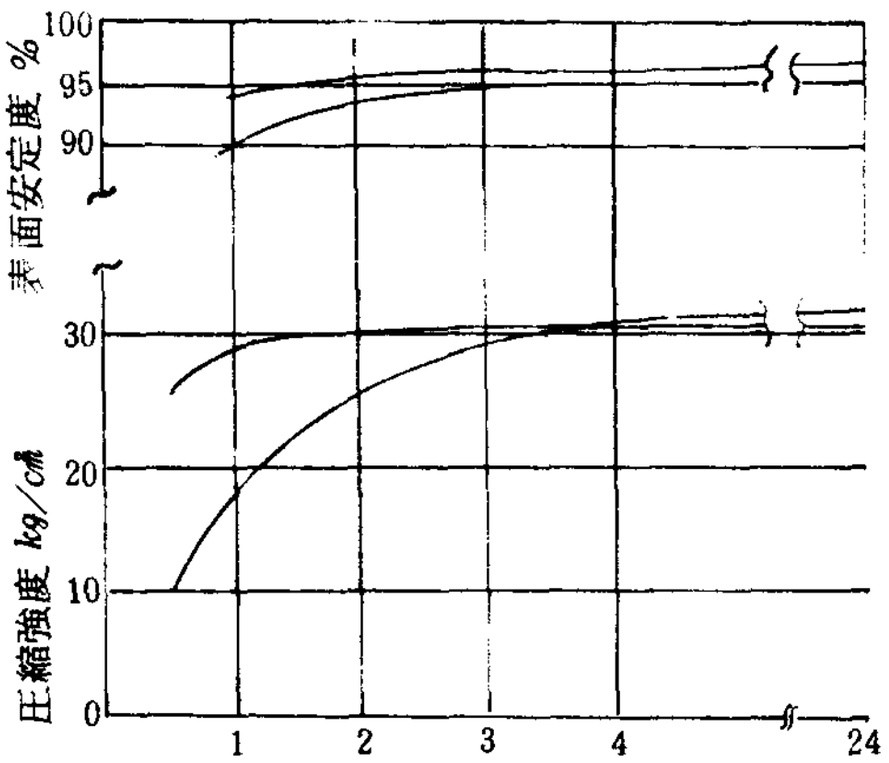



**그림 22　経過時間과 鑄型의 性質**

標準配合砂를 混砂後 주형상자에 주입하면 反応이 시작되어 30分後에는 圧縮強度가 10～25 kg/cm²이 된다. 1時間後에는 20～30 kg/cm²의 強度로 된다. 反応이 빠른것은 약 1時間으로서 최종강도에 도달한다. 표면안정도는 1時間後로써 90～94%, 2時間後는 95%, 4時間後는 약 97%의 최종값에 도달하므로 硬化反応이 표면까지 완료에는 約 4時間이 소요되는 것으로 생각한다. 방치시간에 따른 圧縮強度와 表面安定度의 관계를 그림 22에 표시한다.

5) 原料砂의 종류와 충진성

원료규사의 종류, 形状, 粒度分布 및 微粒子의 量과 質에 의하여 砂의 充塡性인 流動性이 좌우된다. 각종 原料砂로서 乾式流動砂를 만들어 約 30 cm높이로 부터 주입하여 충진율을 비교한 結果 다소 차이가 있음을 確因하였다. 가장 좋은 것은 嵩比重은 1.38 前後이며 나쁜것은 嵩比重이 1.2 前後이다. (다음号継続)