

研究論文

國內硅砂를 사용한 合成砂의 高溫性質 (壓縮強度, 膨張)에 관한 研究

李炳國 * 李啓完 **

A Study on the High Temperature Properties (Compressive Strength, Expansion) of Synthetic Sand using Domestic Silica Sand (Mooryang Silica Sand)

Yun, Byung-Guk* Lee, Kye-Wan**

(College of Engineering, Hanyang University)

Seoul, Korea

ARSTRACT

The behavior of sand and mold at high temperatures was generally agreed to importantly affect the quality of castings made.

By changing water content through 2,4,6 and 8 %, and bentonite content through 5,7,9 and 11%, specimens have been made according to the respective composition.

Specimens have been subjected to hot compressive strength and thermal expansion at 400, 600, 800 and 1000°C respectively.

The results obtained were as follows ;

1. At each temperature, thermal expansion decreased and hot compressive strength increased with the increase in water content.
2. After thermal expansion was peaked at approximately 1000°C the contraction and maximum hot compressive strength appeared.
3. At each temperature, maximum hot compressive strength appeared 2%, 4,6% and 8% water content for 7%, 9% and 11% bentonite content respectively.
4. When 2% H₂O was added, though bentonite content was increased, hot compressive strength did not rarely change.
5. Until the thermal expansion was completed the required time was 15-18 minutes at 400°C and 600°C, and 10-13 minutes at 800°C. At 1000°C, the required time was 7-9 minutes in order to gain the maximum expansion, after that, contraction proceeded during 3-4 minutes before expansion was completed.

* 漢陽大學校 大學院 金屬工學科

** 漢陽大學校 工科大學 教授

1. 緒 論

Mold에는 여러가지 種類가 있으나 一般的으로 Sand mold가 現在 鑄物工場에서 가장 많이쓰인다.

이러한 Sand mold에 熔融金屬을 鑄込하면 mold表面은 熔融金屬으로부터 熱을 받아 여러가지 變化를 일으킨다. 卽, 鑄型和 鑄物이 接觸하는 境界面에서 鑄型の 表面이 急速히 膨脹된다. 따라서 鑄型表面이 龜裂되거나 破壞되는 現언이 나타나게 되는데, 이는 鑄型材料의 主原料인 SiO_2 가 熱膨脹을 일으키기 때문이라고 해석되고 있다.

이러한 現象은 鑄型強度가 약한 生型에서 가장 많이 나타난다.

한편, 粘土類 粘結劑를 混合한 鑄物砂의 乾態強度는 生型때 보다 훨씬 높게 나타난다.

이것은 遊雜水分과 粘土粒子的 表面에 吸着되어 있는 吸着水가 除去되기 때문이라고 알려져 있다. 卽, 遊雜水分이 除去될때 砂粒子的 接觸이 緊密하게 되므로 強度가 增加하는 것이라고 한다.^{1),2),3)}

그리고 鑄型的 性質에 가장 큰 影響을 미치는 水分량과 粘結劑量에는 最適值가 있으며, 粘土의 種類에 따라 대개 水分量/粘結劑量의 比는 0.5 ~ 0.7이라고 한다.²⁾

따라서 健全한 鑄物을 만들기 위해서는 mold는 熱的變化가 적고 熱에 대한 安定性이 커야 하며 또 熔金의 壓力, 衝擊에도 견딜 수 있는 充分한 強度를 가져야 한다.^{5),8)}

한편, 鑄型的 性質은 常溫性質과 高溫性質의 두 가지로 나눌 수 있는데, 外國에서는 最近에 高溫性質에 關한 研究가 매우 활발히 進行되고 있으나,^{8),9),10),11)} 國內에서는 初步的인 段階에 있다고 보겠다.

따라서, 本 實驗에서는 水分량과 粘結劑量을 變化시켜 各各의 溫度에서 壓縮強度의 變化와 膨脹量을 測定하여 鑄物砂의 高溫性質에 미치는 이들의 影響을 검토하고자 試驗하였다.

2. 實驗方法

2.1 試 料

2.1.1 硅 砂

주조 Vol.2, No.4 (1982)

試驗用 硅砂는 無量礦山(江原道 春城郡 西面)에서 產出되는 人造 硅砂로서 無量 6號 硅砂를 使用하였다.

Table 1과 Table 2에 試驗用 硅砂의 化學組成과 粒度分布를 나타내었으며, 이 硅砂의 AFS FN는 51이다. AFS 試驗方法에⁶⁾ 따라 水分과 粘土分을 測定한 結果 各各 0.1%以下이었으며, 粒形은 角形이었다. KS D 2121에 따른 化學成分에 의한 分類로는 第一種에 속한다.

2.1.2 Bentonite

本 實驗에 使用한 bentonite는 美國에서 產出되는 Western bentonite인 Volclay로서 膨潤度는 11배를 나타내었다.

Bentonite의 化學成分의 Table 3과 같으며 粒度크기가 150 mesh under size인 것을 採取하여 使用하였다.

TABLE 1. CHEMICAL COMPOSITION OF SILICA SAND.

Comp- osition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	lg- Loss
wt. %	98.53	0.64	0.24	0.06	0.06	0.46

TABLE 2. SCREEN ANALYSIS (U.S. SIEVE NO.)

Meeh No.	20	30	40	50
wt. %	0.2	3.7	4.2	14.3

	70	100	140	200	270	pan
	62.6	10.5	3.8	0.4	0	0

TABLE 3. CHEMICAL COMPOSITION OF BENTONITE (Al₂O₃·4SiO₂·H₂O)

Comp- osition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	lg- Loss
wt. %	54.88	21.50	3.59	2.47	4.83	12.72

2.2 Specimen 製作

硅砂에 水分을 2,4,6 및 8%, bentonite 를 5,7,9 및 11% 配合시켜 各各의 組成別로 sand specimen을 製作하였다. 製作方法은^(6),7) sand 와 bentonite 를 Speed muller(230 rpm)로 3 分間 混練한 後, 水分을 添加하여 다시 2 分間 混練하여 Mixing 을 完了하였다.

Mixing 후 No.754-A Sand Rammer (Harry W. Dietert 社)로 3回 搗固하여 Sand specimen을 만든 後 105 ± 5°C 의 Drying oven 에서 1時間 乾燥시키고 다음에 desiccator에 넣어 常溫으로 冷却시켰다.

2.3 實驗裝置

本 實驗에 使用된 高溫鑄物砂 試驗機는 Harry W. Dietert 社에서 製作된 No.785 Thermolab Dilatometer이다.

2.4 實驗方法

爐內溫度를 均一하게 維持하기 위하여 測定溫度인 400, 600, 800 및 1,000°C에서 各各 20 分間 holding시킨 다음 specimen을 裝입하여 壓縮強度 및 膨脹量을 測定하였으며 同一試料에 對하 3回 測定해서 平均値를 取하였다.

2.4.1 Hot compressive strength

1 3/8" dia의 耐火性支柱 위에 specimen을 올려 놓고, 10 分間 加熱한 後 1 in/min의 速度로 壓縮하여 specimen이 破壞될 時의 Compressive strength를 測定하였다.

2.4.2 Hot expansion

熱膨脹量 測定에 使用한 石英으로 된 No.762 Expansion Micrometer (Harry W. Dietert 社)는 測定單位가 0.001 inch이었다. Specimen을 爐에 裝입한 後 1分 間격으로 膨脹量을 測定하였으며 이 때 Expansion Micrometer의 自體膨脹量은 無視하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1 Hot compressive strength (高溫壓縮強度)

Molding sand의 高溫強度에 관한 研究는 많이 報告되었으며^{9),10),11)} 大部分의 研究에서 Hot compressive strength는 溫度 上昇에 따라 Fig.1과 같이 變化하고 있음을 나타내었다.

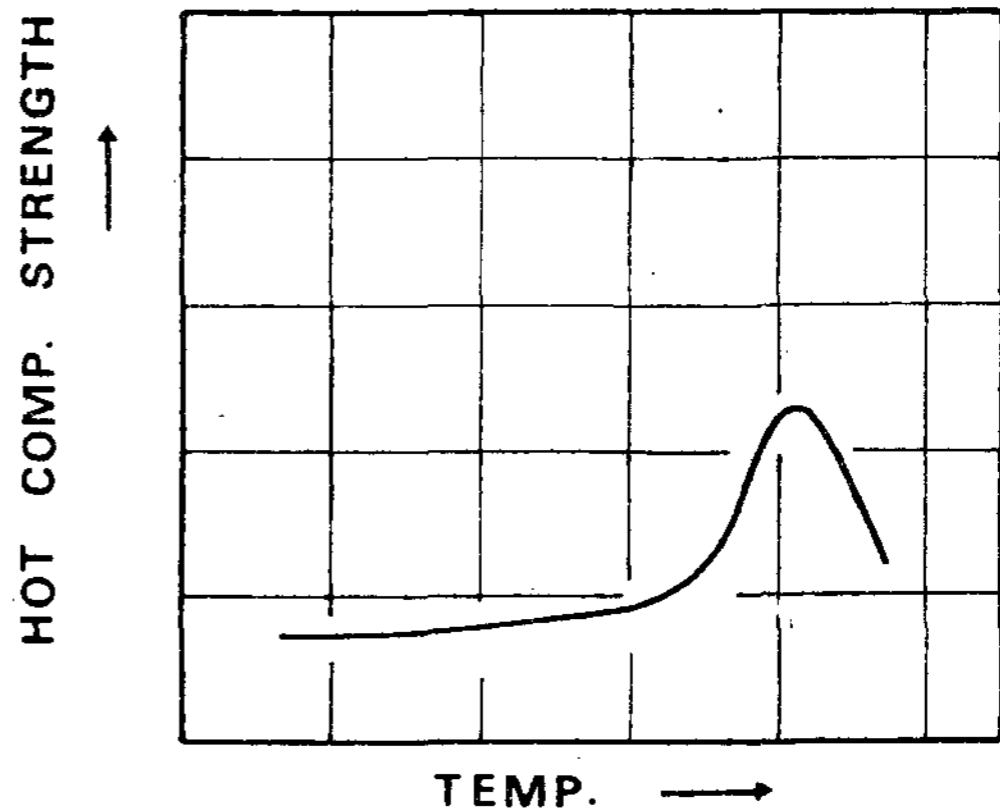


Fig.1. Schematic diagram of usual relationship of hot compressive strength and temperature of testing.

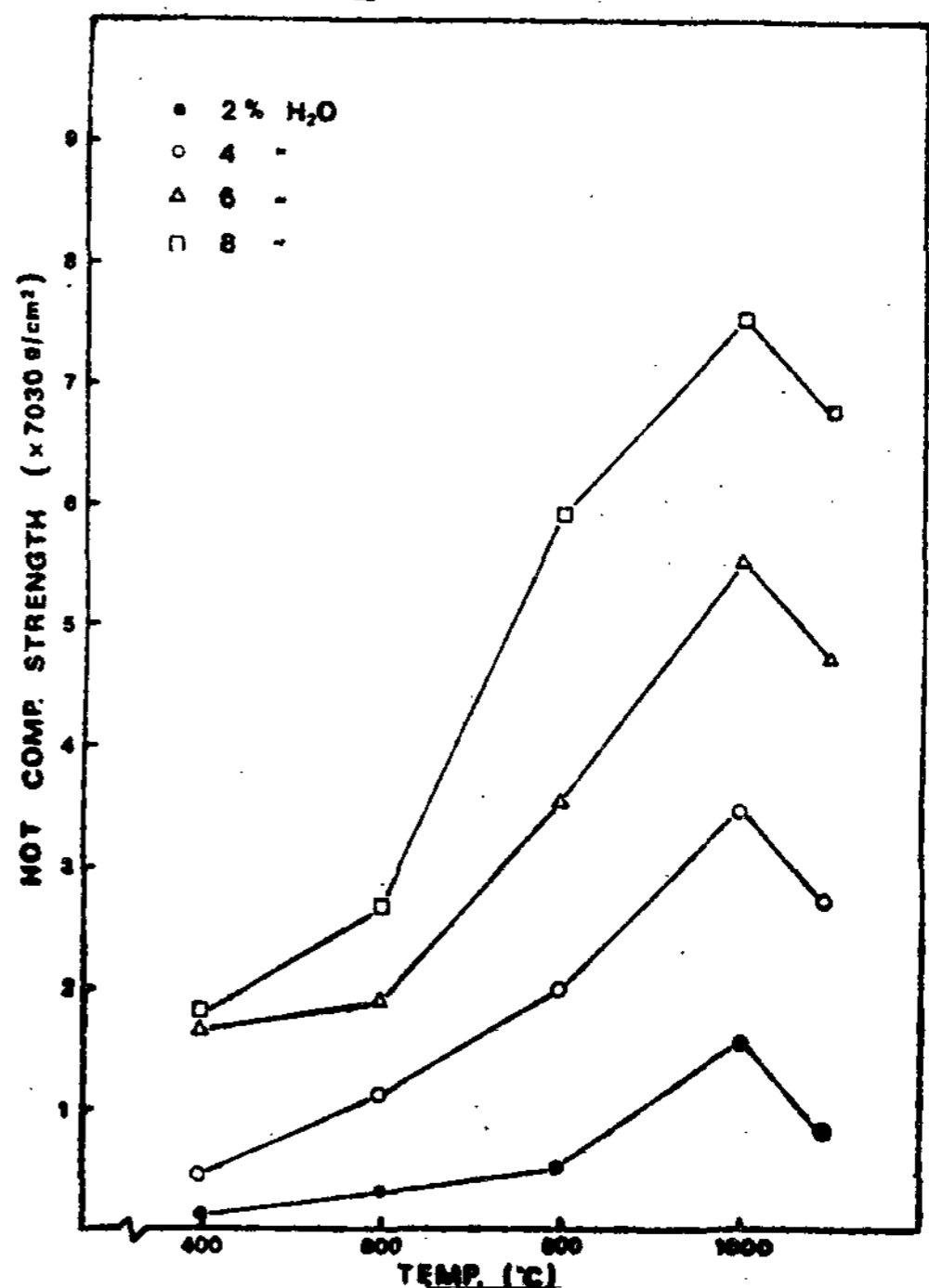


Fig.2. The effect of water on the hot compressive strength of a synthetically bonded sand containing 7% bentonite.

Fig.2는 bentonite를 7% 添加하였을 때 各 各의 溫度에서 水分量 變化에 따른 強度變化를 나타낸 것이다. 水分含量이 增加할 수록 Compressive strength는 顯著히 增加되는 것을 알 수 있다.

Morey, Ackerlind와 Pellini의¹⁰⁾ 研究에서는 binder로 Southern bentonite를 使用하였을 때는 870°C, Western bentonite를 使用하였을 때는 950°C 그리고, fire clay를 使用하였을 때는 1,120°C에서 각각 Compressive strength가 最大로 된다고 報告하였다.

本人의 實驗에서는 1,000°C에서 最大로 된 후 急速히 減少하기 시작했다.

Fig.3은 水分을 4% 添加하였을 때 各 各의 溫度에서의 bentonite 量 變化에 따른 強度變化를 나타낸 것이다. bentonite 含量이 增加할 수록 Compressive strength도 增加하나 bentonite를 9% 添加하였을 때 最大值 나타낸 다음 다시 減少하기 시작했다.

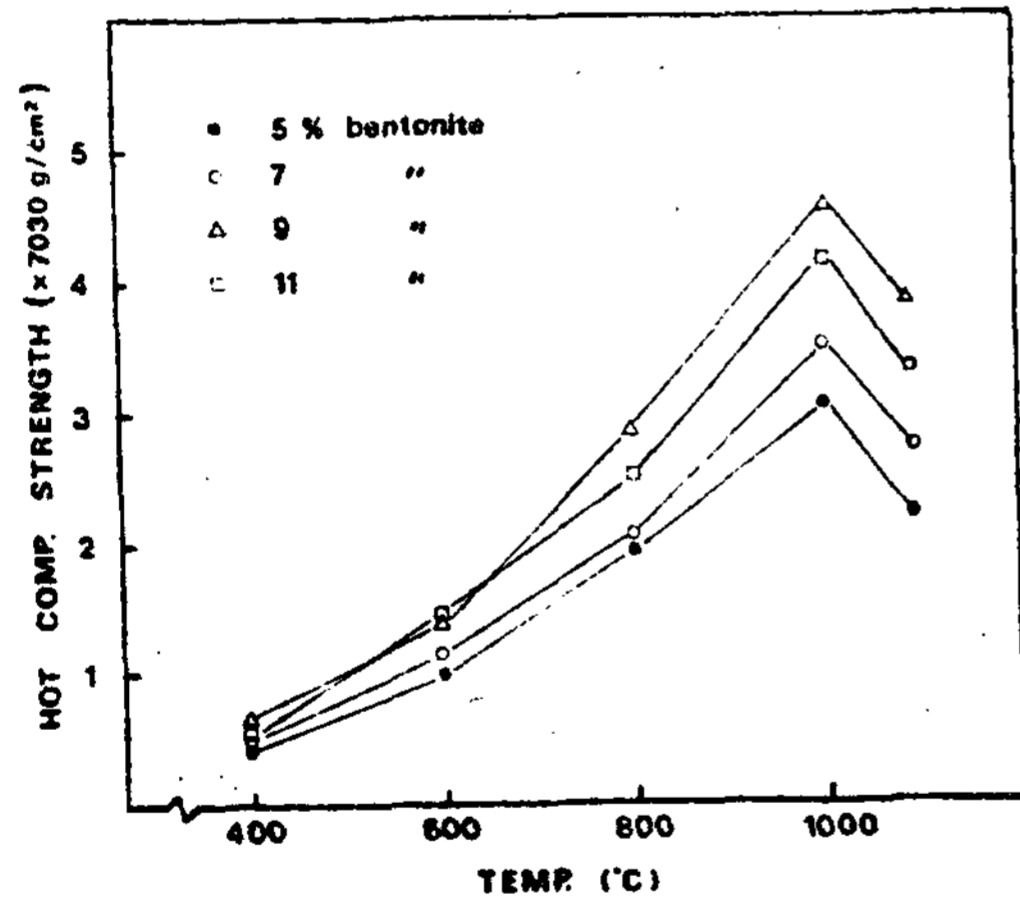


Fig.3. The effect of bentonite on the hot compressive strength of a synthetically bonded sand containing 4% water.

Fig.4는 1,000°C에서 最大壓縮強度를 나타내기 위한 bentonite와 水分과의 關係를 나타낸 것이다. 水分량이 2%일 때는 bentonite 量이 7%, 水分량이 4% 및 6%일 때는 bentonite 量이 9%, 그리고 水分량이 8%일 때는 bentonite 量이 11%에서 最大壓縮強度를 나타냈다.

주조 Vol.2, No.4 (1982)

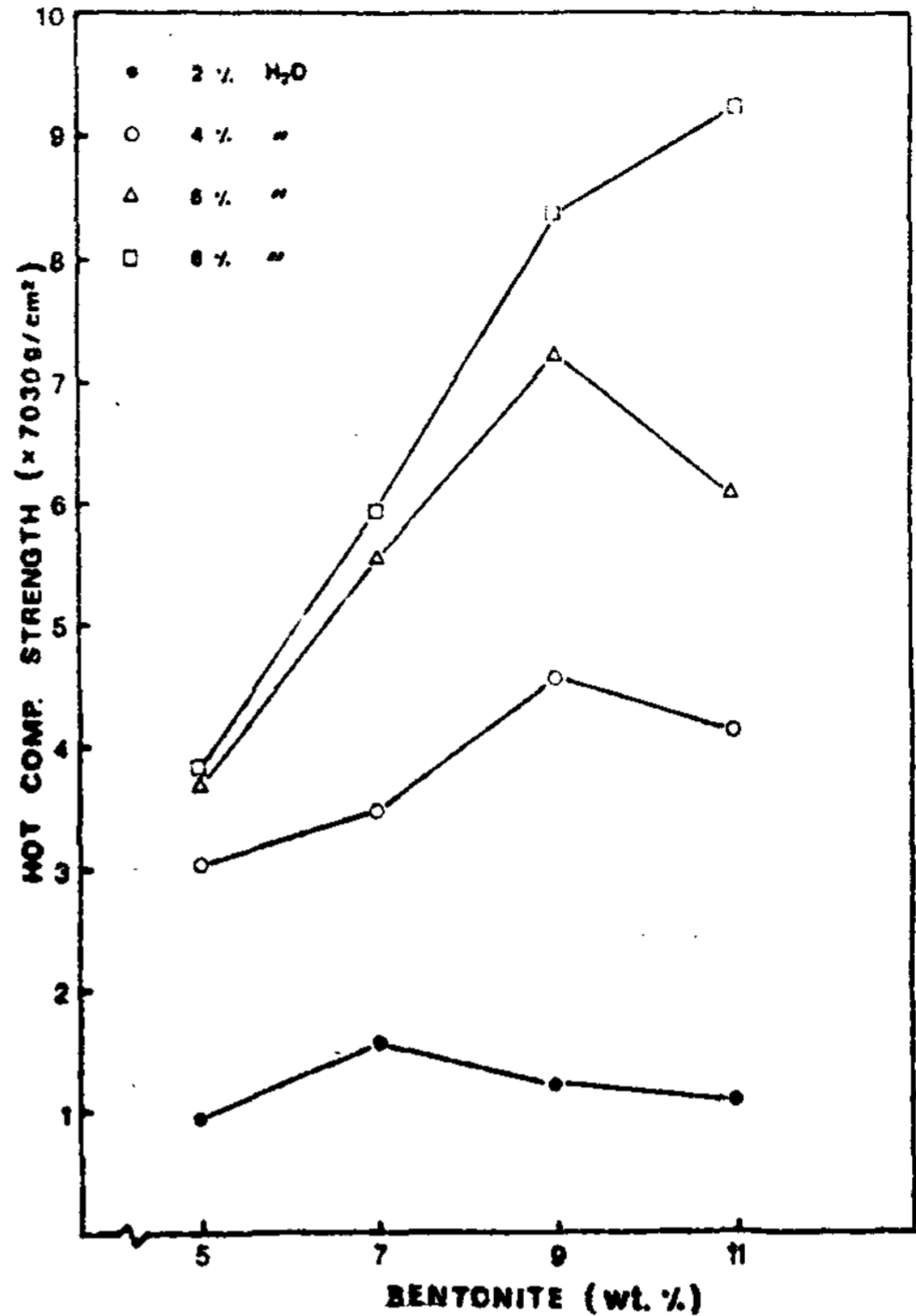


Fig.4. Hot compressive strength-bentonite relationship for sand containing 2, 4, 6 and 8% water at 1000°C.

그리고 400, 600, 800°C에서도 같은 結果를 얻었다. Ramming Energy가 一定할 때 Sand와 結合되어 있는 bentonite는 어느 溫度에서도 最大壓縮強度를 나타내기 위한 適當한 粘土含量이 있다는 것을 알 수 있다.

Fig.5는 bentonite를 5% 添加하였을 때 溫度와 水分과의 關係를 나타낸 것이다. 水分량이 增加할 수록 壓縮強度가 增加하는 것을 볼 수 있고, 水分량이 一定할 때 溫度가 높아질 수록 壓縮強度가 增加하는 現象을 볼 수 있다.

그리고 bentonite 量을 11%까지 계속 變化시켰을 때에도 같은 結果를 나타내었다.

Fig.2~Fig.5까지에서 알 수 있는 바와 같이 鑄物砂의 高溫壓縮強度는 溫度, 粘結劑量, 그리고 水分량에 따라 決定된다고 할 수 있다. bentonite 含量이 增加한다고 하여 mold의 壓縮強度가 比例하여 增加하는 것은 아니라고 生覺된다.

鑄物로부터 熱을 받아 mold의 溫度가 1,000°C以上이 되면 bentonite가 粘結力을 잃어 버리므로

로 冷却後 mold 해체가 용이해진다.

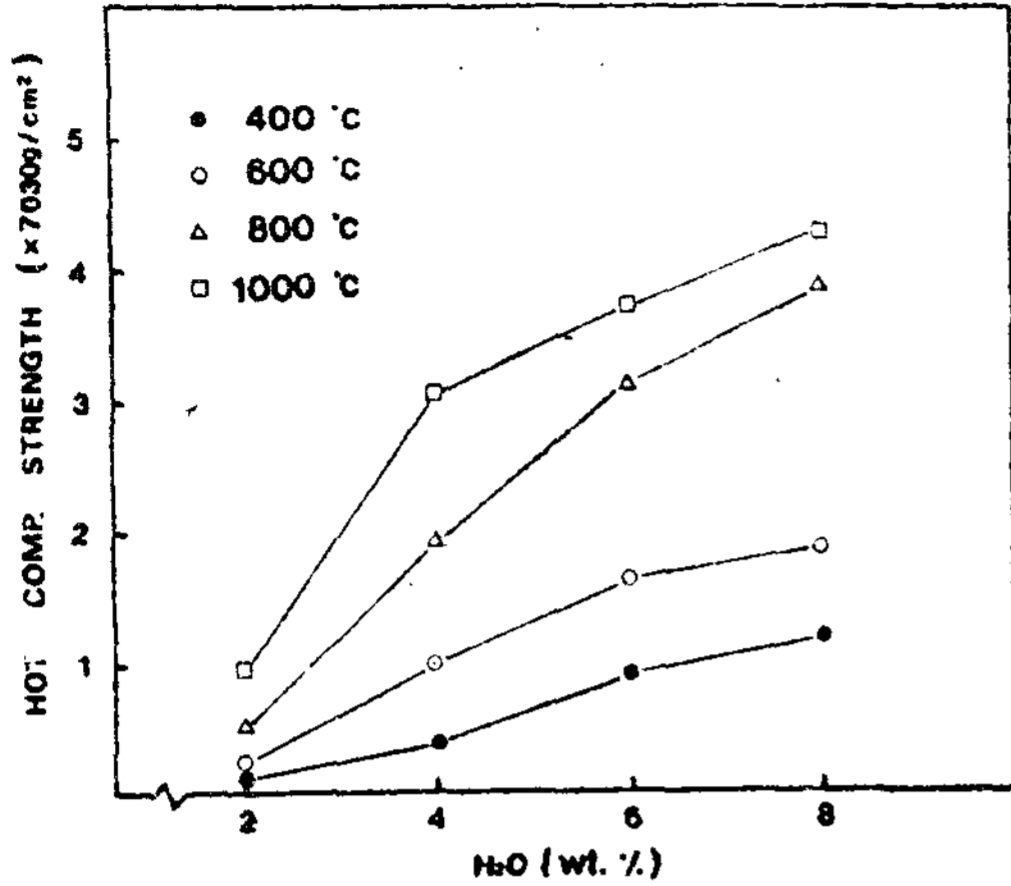


Fig. 5. Relation between hot compressive strength and water content for sand containing 5% bentonite.

3.2 Thermal expansion(熱間膨脹)

Fig. 6은 Sand에 bentonite 를 7%, 水分을 4% 添加하였을 때 각각의 溫度에서 膨脹量과 膨脹速度에 관한 실험결과 이다.

400°C에서 加熱할 때 膨脹이 서서히 進行됨을 알 수 있고, 600°C에서 加熱할 때 膨脹速度가 約 5分까지 增加하는 것을 볼 수 있는데 이것은 573°C때 α -Quartz에서 β -Quartz로 변하는 동안에 體積의 急速的인 膨脹때문에 增加하는 것으로 推測된다.^{4),12)}

그림에서 보는 바와 같이 800°C와 1,000°C에서 加熱할 때는 膨脹速度가 매우 빠르다. 1,000°C에서 加熱시킬 때 最大膨脹量에 到達한 후 收縮이 시작되는 것을 볼 수 있다.

이 점에 對해서는 Fig. 8에서 說明하기로 한다.

Fig. 7은 bentonite를 5% 添加하였을 때 400°C와 800°C에서 水分含量變化에 따른 膨脹

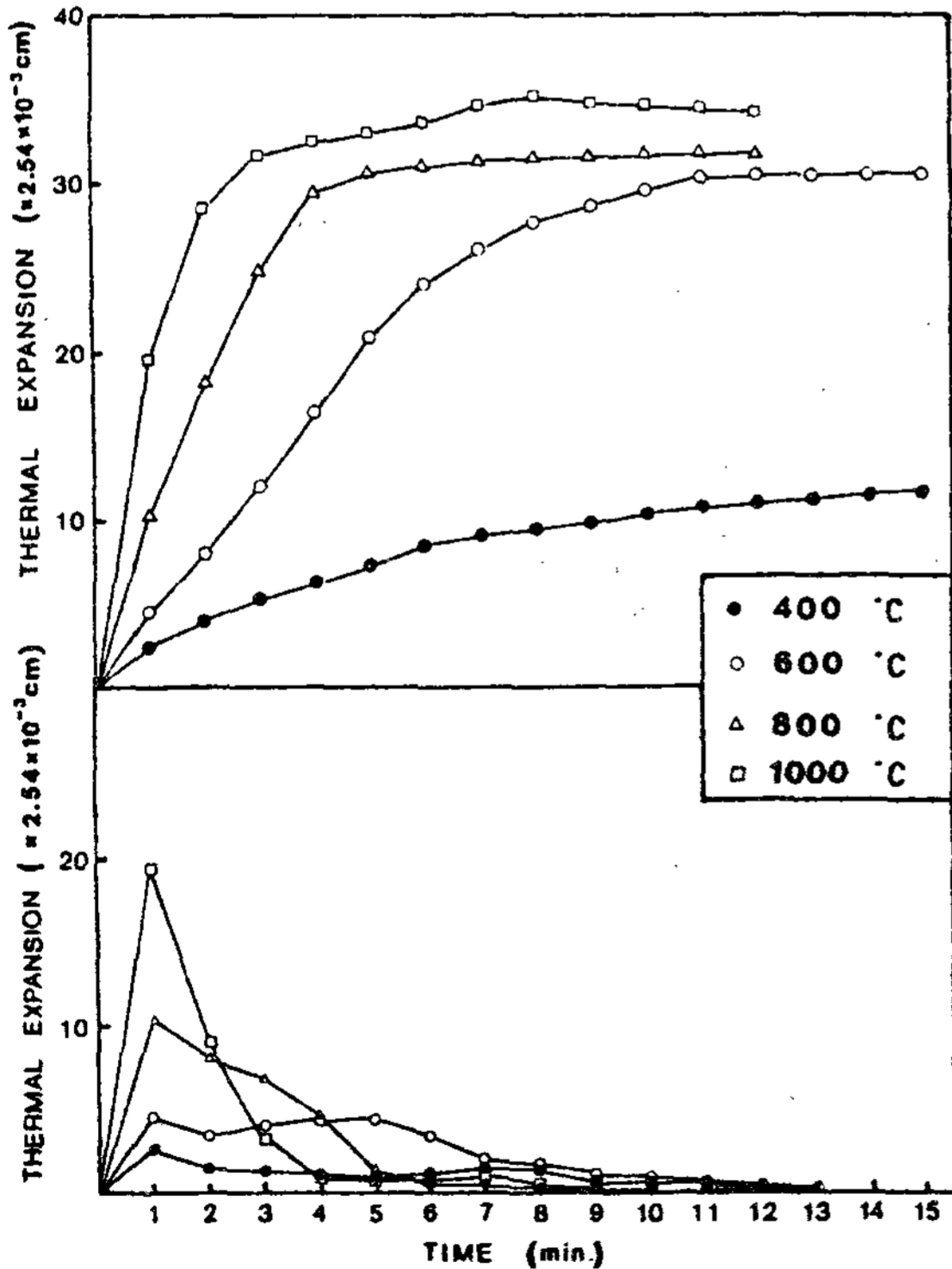


Fig. 6. Thermal expansion-time relationship for sand containing 7% bentonite and 4% water at 400, 600, 800 and 1000°C.

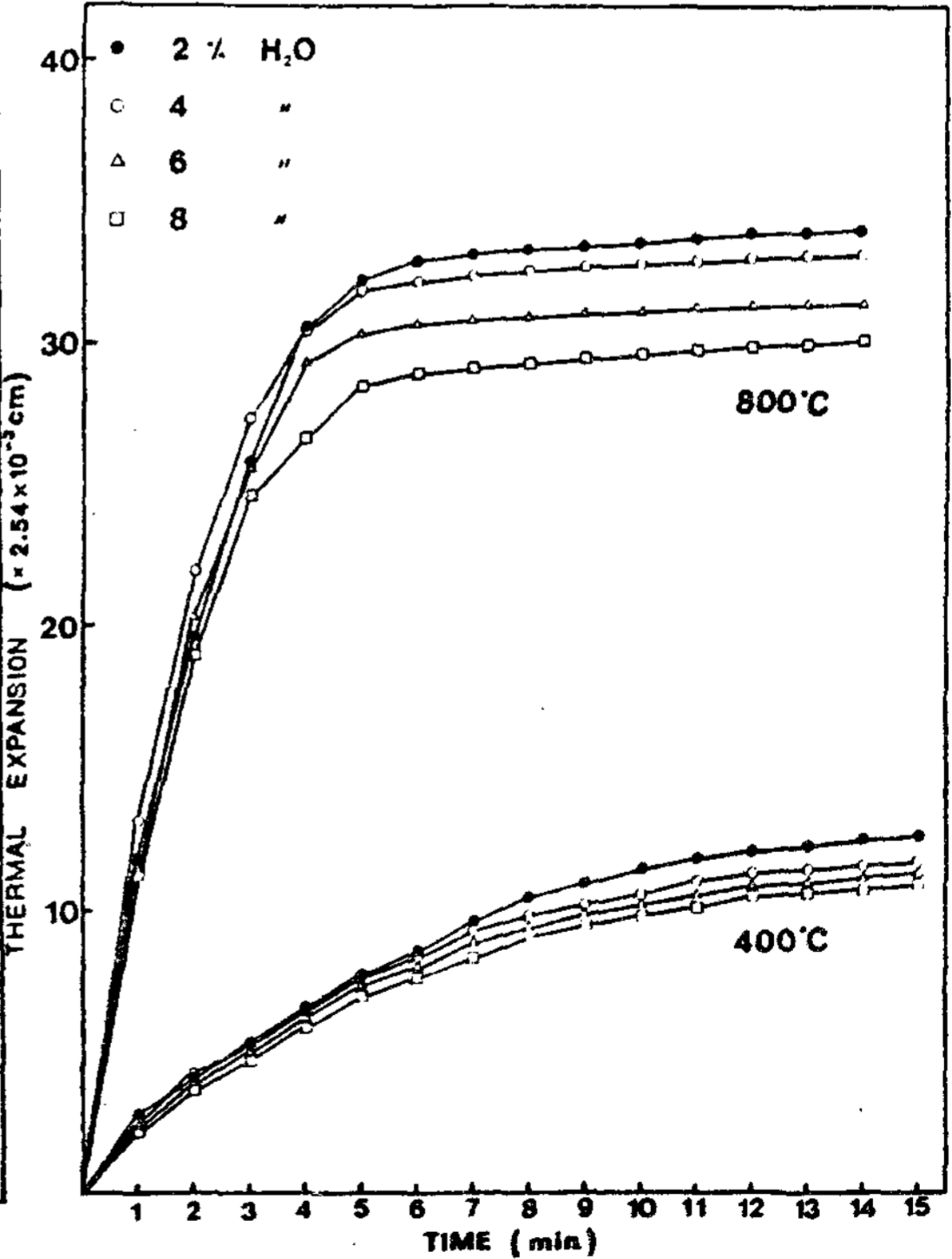


Fig. 7. Thermal expansion-time relationship for sand containing 5% bentonite at 400 and 800°C.

量變化를 나타내고 있다.

400 °C의 경우 15~18분이 경과한 후 팽張이 完了되었음을 보여주고 있다. 또, 800 °C의 경우에는 10~13분이 지난 후 팽張이 끝나고 있다.

Fig.8도 Fig.7과 같이 水分量이 增加할 수록 팽張量은 減少되었다.

Fig.8은 Fig.7과 同一하게 bentonite를 添加하였을 때 600 °C와 1,000 °C에서 팽張量 變化이다. 600 °C의 경우 팽張이 完了하는데 要하는 時間은 400 °C와 마찬가지로 15~18분이었으나 1,000 °C의 경우에는 7~9분이 지난 後 最大 팽張量에 到達한 다음 收縮이 일어났다. 收縮이 일어나는 原因은 870 °C에서 β_2 -Tridymite로 變態하는 것에 의해 나타나는 Silica의 體積減少에 起因하는 것으로 生覺된다.^{1),12)}

最大 팽長量은 400 °C일 때는 $2.5 \times 10^{-2} \text{ cm} \sim 3.6 \times 10^{-2} \text{ cm}$, 600 °C일 때는 $6.9 \times 10^{-2} \text{ cm} \sim 8.1 \times 10^{-2} \text{ cm}$, 800 °C일 때는 $7.6 \times 10^{-2} \text{ cm} \sim 8.9 \times 10^{-2} \text{ cm}$ 그리고 1,000 °C일 때는 $8.6 \times 10^{-2} \text{ cm} \sim 10.4 \times 10^{-2} \text{ cm}$ 를 나타내었다.

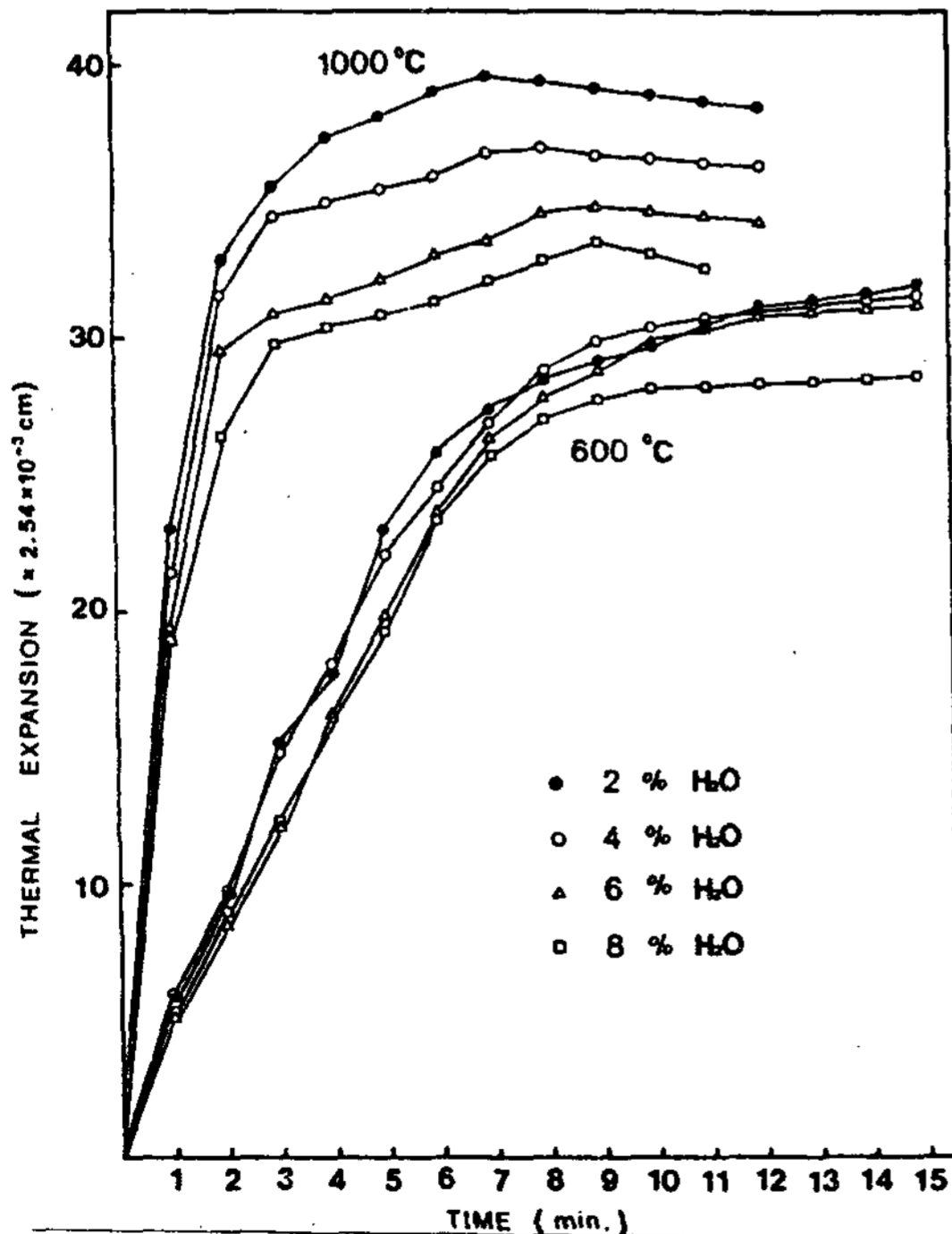


Fig.8. Thermal expansion-time relationship for sand containing 5% bentonite at 600 and 1000 °C

주조 Vol.2, No.4 (1982)

4. 結 論

本 實驗을 通하여 얻은 結果는 다음과 같다.

1) 各各의 溫度에서 水分量이 增加할 수록 팽張量은 減少되었고 壓縮強度는 增加하였다.

2) 約 1,000 °C에서 팽張이 完了된 後 收縮現象이 나타났고, 또 最大壓縮強度를 나타내었다.

3) 各各의 溫度에서 水分量이 2%일 때는 bentonite量이 7%, 水分量이 4%, 6%일 때는 bentonite量이 9% 그리고 水分量이 8%일 때는 bentonite量이 11%에서 最大 壓縮強度를 나타내었다.

4) 水分을 2% 添加時 bentonite量을 增加시켜도 壓縮強度는 거의 變化가 없었다.

5) 팽張이 完了하는데 要하는 時間은 400 °C, 600 °C의 경우는 15~18분, 800 °C의 경우는 10~13분 그리고, 1,000 °C의 경우에는 7~9분이 지난 後 最大 팽張에 到達한 後 收縮이 일어나 3~4분 後 完了되었다.

5. 後 記

이 論文은 1982年 漢陽大學校 研究 造成費로 이루어졌으며, 本 實驗을 위해 積極 協助하여 주신 韓國重工業(株)의 卜俊燮部長, 崔承一 次長 그리고 實驗室 關係者 여러분께 깊은 謝意를 表합니다.

6. 參考文獻

- 1) 李啓完, 廉熙澤, 姜春植: 鑄造工學, 文運堂, 1979.
- 2) 片 島: 鑄物, Vol.42,5,(1970),14~21.
- 3) 鑄造技術講座編輯委員會: 普通鑄型, 日刊工業(1971),95~113, 237~260.
- 4) H.G.Taylor, M.C.Flemings and J. Wulff: Foundry Engineering, John Wiley & Son's, Inc.,(1959),23~27.
- 5) 光井, 森田: 鑄物, Vol.42,6,(1970), 3~14.
- 6) A.F.S.: Foundry sand handbook(1963). 4. 10.

- 7) 片 島 : 鑄物, Vol. 42, 2(1970), 48~53. Properties of Foundry Sands : Trans. Amer. Found. Soc., Vol. 60 (1952), 266.
- 8) 片 島 : 鑄物, Vol. 41, 5(1969), 32~42.
- 9) R.W.Heine, J.S.Schumacher, W.F.Shaw and E.H.King : Ramming and clay content Effect on Hot compression strength of Molding Sand : Trans. Amer. Found. Soc., Vol. 68(1960), 304.
- 10) R.E.Morey, C.G. Ackerlind and W.S. Pellini : Effect of Binders and Additives on the High Temperature strength of Molding Sand : Trans. Amer. Found. Soc, Vol. 58(1950), 411
- 11) R.E.Morey and C.G.Ackerlind : A Study of the Effect of Various Binders and Additives on Hot strength of Molding Sand : Trans. Amer. Found. Soc, Vol. 58(1950), 411
- 12) W.D.Kingery, H.K.Bowen and D.R. Uhlmann : Introduction to ceramics, 2nd Edition, (1975), 271~276.