

.....
論 文

CO₂ 주형의 붕괴성에 미치는 글루콘산 소다의 영향

신운용*, 권해욱*, 남원식**

The Effect of Sodium Gluconic Acid on the Collapsability of CO₂ Mold

Un-Yong Shin*, Hae-Wook Kwon* and Won-Sik Nam**

Abstract

The effect of sodium gluconic acid on the collapsability of the sodium silicate type CO₂ mold was studied.

The bending strength was saturated with gassing CO₂ for 60 sec. under 1kg/cm² and with the flow rate of 10 l/min. It was decreased with aging after having been fully hardened. The retained strength was reduced in the heating temperature range of 100~1,100°C and the retained strength peak near the heating temperature of 100°C was removed by the effect of the sodium gluconic acid.

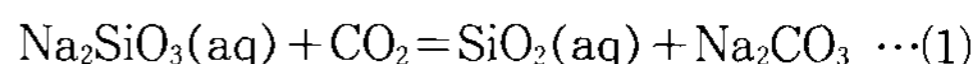
Silica gel, Na₂CO₃ and dehydrated sodium silicates were formed from the binder of sodium silicate with the addition of sodium gluconic acid at the heating temperature of 100°C. Na₄SiO₄ was formed by the reaction of Na₂O, from decomposed Na₂CO₃, with the dehydrated sodium silicate at 500°C. The crystobalite type of SiO₂ was formed at 900°C. The sodium gluconic acid had no effect on the bending strength at around 1,100°C due to the combustion loss of it.

(Received April 15, 1994)

1. 서 론

CO₂ 주형은 규사에 점결제로서 규산소다를 3~6% 첨가하여 보통의 주형법에 준하여 조형한 뒤 CO₂ 가스를 취입 경화시키는 방법이다[1]. CO₂ 가스를 통기시켜 생형의 경우와 같은 속도로, 건조형보다 높은 강도로 경화하므로 건조공정이 없어 깨끗하고 조형능률도 종래의 유사형이나 건조형에 비하여 훨씬 높다. 따라서 널리 보급되어, 특히 주강공장의 조형 과정에 크게 공헌하고 있다[2].

CO₂ 주형의 경화는 다음의 반응에 의하여, 규산소다가 분해하여 겔화된 실리카에 의하여 일어난다[3,4].



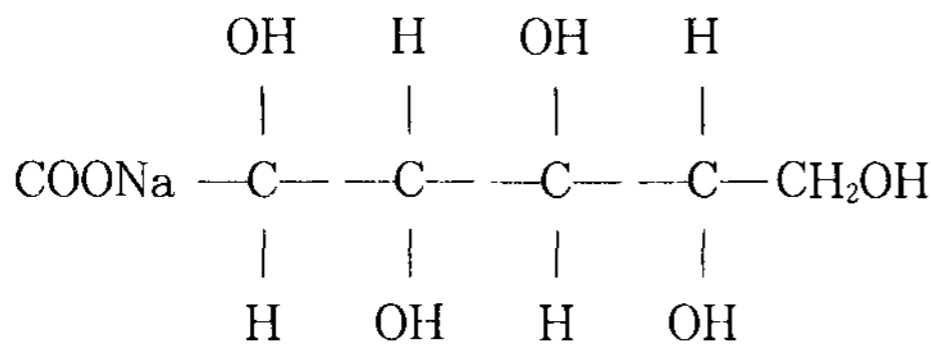
CO₂ 주형은 주형으로서 우수한 성질을 갖고 있으므로 널리 보급되어 있으나 붕괴성, 고사회수 재생, 도형제 및 CO₂ 가스 소비량 등의 문제점이 있으며, 특히 주조 후 붕괴성이 나쁘기 때문에 생산성이 떨어지고 원가상승 등의 요인이 된다. CO₂ 주형의 붕괴성은 표면 안정성에 영향이 있다. 규산소다의 첨가량이 적을수록 잔류강도는 낮으므로 붕괴성은 좋을 것이지만 표면 안전성은 나빠진다. 또한 규산소다의 농도 및 물비를 적당하게 조절하여 붕괴성을 어느 정도 개선할 수도 있다. 그러나 이것만으로는 붕괴성 문제는 해결되지 않는다. CO₂ 주형의 붕괴성을 개선하기 위하여 현재까지 다음과 같은 방법이 알려지고 있

*영남대학교 공과대학(College of Eng., Yeungnam Univ.)

**해원산업(주)(Hae Won Industrial Co.)

다. (1)고 몰비의 규산소다를 사용하는 방법, (2)소결이 어려운 사립자를 사용하는 방법, 그리고 (3)붕괴 촉진제를 첨가하는 방법 등이 있다. 이 중에서 세번째의 방법을 많이 이용하고 있다 [5]. 붕괴성 조장제에 대하여는 여러 연구자들이 연구하여 왔으며 산화철[6], seacoal, 당밀, 산화 마그네슘, 톱밥 및 왕겨 등을 CO₂ 주형의 붕괴제로 사용하고 있다[7]. 그러나 여전히 문제점은 남아 있으며 CO₂주형과 같이 조형이 용이하고 강도가 우수하며 이와 더불어 붕괴성이 뛰어난 점결제를 개발할 수 있으면 주강공장에서 탈사 문제의 해결로 자동화가 가능하며 고사회수재생 문제도 해결하는 등의 장점이 있을 것이다.

글루콘산 소다의 구조식은 다음과 같다.



이 글루콘산 소다가 열을 받으면 CO₂, H₂O, 에틸렌 글리콜, 메틸알콜 및 글리세린으로 분해할 것이다. 따라서 CO₂ 주형용 점결제의 주성분인 규산소다와 함께 새로운 첨가제로서 글루콘산 소다를 첨가하였을 때 조형 및 주조 후 CO₂주형의 붕괴성을 향상시킬 것으로 생각된다. 그러므로 본 연구에서는 글루콘산 소다가 CO₂주형의 강도와 붕괴성 등에 미치는 영향을 조사하여 새로운 CO₂주형용 보조 첨가제로 개발하기 위한 기초연구를 하였다.

2. 실험방법

2.1 굽힘강도의 측정

먼저 Fig. 1(a)에 보이는 바와 같은 지렛대 형태의 굽힘강도 측정용 시험장치를 제작하였다. 이때 굽힘강도 측정용 시편에 하중을 가하고 가한 하중을 용이하게 측정하기 위하여 쇼트볼을 사용하였다. 먼저 Fig. 1(b)에 보이는 바와 같은 형태의 단면적이 25×25mm인 시편을 강도 측정을 위한 위치에 놓고 뒷 부분의 추를 이동시켜 굽힘강도 측정장치의 축의 균형을 잡아 0점 보정을 하였다.

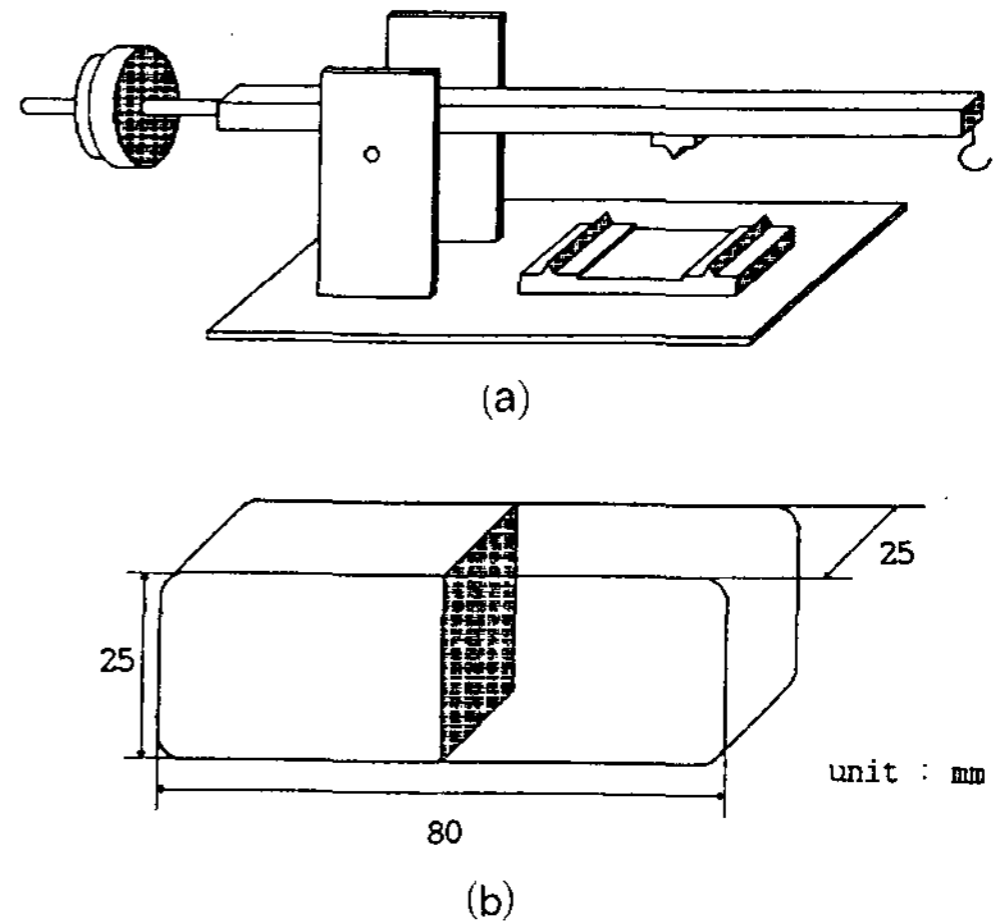


Fig. 1 Experimental apparatus (a) for the measurement of the bending strength of sand specimen (b).

다음, 시편의 파괴가 일어날 때까지 축의 끝에 매단 용기에 쇼트볼을 천천히 부어 넣었다. 파단이 일어났을 때의 쇼트볼의 무게를 측정하여 다음의 식으로부터 굽힘강도를 계산하였다[8].

$$\sigma_{b.s.} = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots(2)$$

여기에서

- σ_{b.s.} : 굽힘강도
- P : 시편이 파단될 때의 쇼트볼의 무게
- L : 시편 지지대의 받침점간의 거리(50mm)
- b : 시편 게이지부분 단면의 폭(25mm)
- h : 시편 게이지부분 단면의 높이(25mm)

사용한 규사의 GFN은 44.4였고 입도분포는 Table 1에서 보이는 바와 같으며 규산소다의 성분은 Table 2에서 보이는 바와 같다. 실험실용 주물사 혼련기에 규사와 규산소다(몰비 2.0)를 단독으로 또는 글루콘산 소다와 함께 첨가하여 4분간 혼련한 후 Fig. 1(b)에서 보이는 바와 같은 게이지 부분의 단면의 한변이 25mm인 정사각형 형태의 금형에 혼련된 주형사를 채워넣었다. 먼저 나무망치를 이용하여 다진 후 넘치는 주형사를 아크릴판으로 제거하고 다시 주형사를 보충한 후 같은 방법으로 다졌으며 시편의 무게를 측정하여 거의 일정하게 되는 조건으로 시편의 다짐 정도를 균일하게 하여 한번에 6개의 시편을 얻도록 하였다. 1회 규사의 사용량은 1kg으로 하

Table 1. Sieve analysis of silica sands

Sand	Mesh										
	20	30	40	50	70	100	140	200	270	pan	GFN
for this exp.	-	1.1	41.2	25.2	20.2	6.6	3.7	2.0	-	-	44.4
from H-foundry	-	15.1	43.3	22.3	10.5	5.1	2.6	1.1	-	-	38.0

Table 2. Chemical composition of water glass

Mole ratio	Comp.	Bé	Specific Gravity	Na ₂ O	SiO ₂	H ₂ O
2.0		56.2	1.61	16.8	33.5	49.7

고 매 실험시마다 혼련하여 사용하였으며 경화 후 초기강도, 시효 또는 가열 후의 굽힘강도를 측정하였다. 이때 모든 경우에 6개의 시편에 대하여 굽힘강도를 구하였고 최대 및 최소치를 제외한 나머지의 평균값을 굽힘강도값으로 하였다.

2.2 실험용 V.R.H.계 제작 및 CO₂가스에 의한 경화

처음에는 시편 제작용 금형에 주물사와 점결제를 혼합한 주형사를 금형에 채워 넣고 시편 양단에 못으로 구멍을 뚫은 다음 CO₂가스 용기에 연결된 고무호스로부터 CO₂가스를 공급하여 경화가 일어나게 하였다[9]. 그러나 이렇게 하여 제작한 시편의 굽힘강도는 일정하지 않았다. 이것은 가스공급과 점결제와 CO₂의 반응이 균일하지 않기 때문인 것으로 생각하여 Fig. 2에 보이는 바와 같은 실험용 V.R.H.계를 설계 제작하였다 [10].

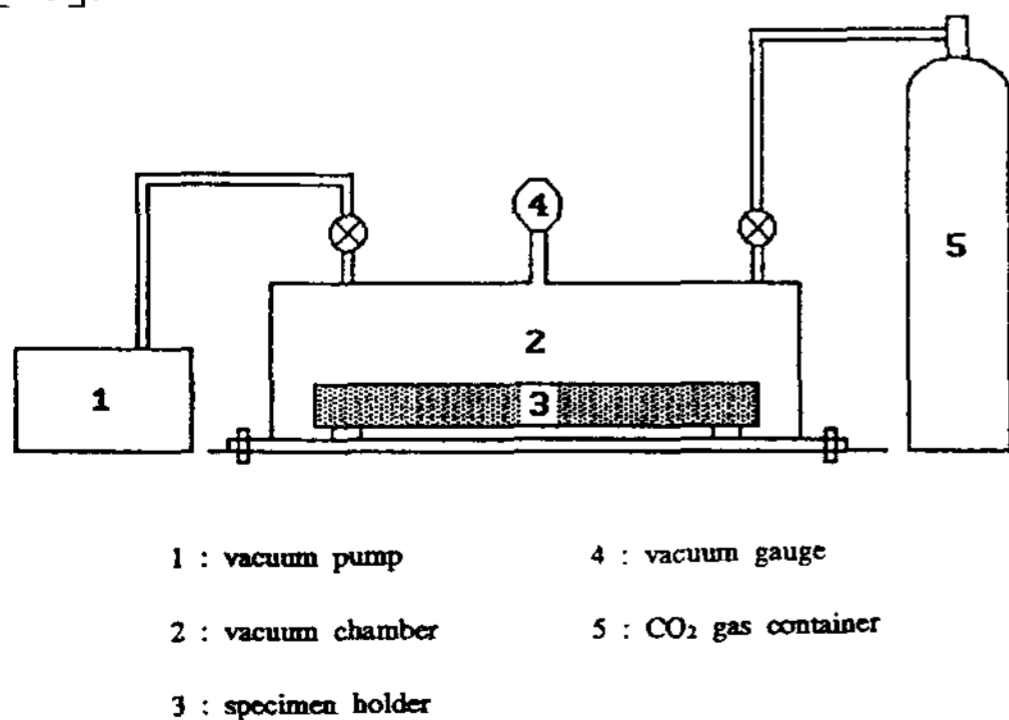


Fig. 2 Experimental V. R. H. system.

내용적 250×400×50mm의 진공용기 양쪽에 CO₂가스 용기와 진공펌프를 각각 진공용 밸브를 통하여 연결하였다. 그리고 진공용기 상단 중앙에 진공게이지를 부착하였다. 먼저 주물사와 점결제를 혼합한 주형사를 다져 넣은 금형을 진공용기 내에 놓은 다음 CO₂가스 용기쪽의 밸브를 잠그고 진공펌프를 작동하여 20torr. 이상의 진공도를 얻었다. 다음 진공펌프 쪽의 밸브를 잠그고 CO₂가스 용기 쪽의 밸브를 열어 유량계가 부착된 기체 흡입 장치를 사용하여 1kg/cm²의 압력 하에서 10 l/min의 유속으로 CO₂가스를 공급하여 주형사와의 반응시간을 조절하였으며 점결제의 종류, 양 및 반응시간에 따른 굽힘강도의 변화를 측정하고 후 강도가 거의 일정해지는 시간을 결정하여 다른 모든 경우의 반응시간을 1분으로 정하였다. 이때 점결제는 규산소다만을 사용한 경우나 10% 글루콘산 소다를 첨가한 경우 모두 3~7%의 범위에서 변화시켰다.

2.3 초기강도와 시효강도의 변화

조형 과정에서 주형을 제조한 후 취급하는 과정과 용탕의 주입을 기다리는 동안의 주형의 강도 즉 초기강도와 시효강도의 변화는 매우 중요하다[11]. 따라서 먼저 5%의 규산소다만을 사용한 경우와 10%의 글루콘산 소다를 첨가하여 제조한 점결제를 사용한 경우의 초기굽힘강도와 4~24시간 동안 시효한 후의 굽힘강도변화를 측정하였다. 이때 예비실험을 통하여 글루콘산 소다의 양이 증가할 수록 초기굽힘강도는 감소하나 그 이상에서는 크게 변하지 않는 조건으로 글루

콘산 소다 첨가량을 10%로 정하였다.

2.4 가열온도에 따른 강도의 변화

주형에 용탕을 주입하면 용탕과 주형 벽이 접촉하게 되고 따라서 주형공간 주위의 주물사가 용탕의 열에 의하여 가열이 되고 위치에 따라서 서로 다른 온도로 가열이 된다. 따라서 위치에 따라서 붕괴성이 달라진다[12]. 그리하여 가열온도에 따른 굽힘강도의 변화를 측정하였다.

점결제로 규산소다만을 사용한 경우와 10%의 글루콘산 소다를 첨가한 경우의 시편을 100~1,100°C의 온도범위에서 100°C 간격으로 가열하여 이에 따른 굽힘강도의 변화를 측정하였다. 이때 CO₂ 가스로 경화시킨 시편을 시험하고자 하는 온도에 도달한 노속에 장입하여 1시간 동안 유지한 후 노로부터 꺼내어 상온으로 완전히 냉각시킨 후 굽힘강도를 측정하였다.

2.5 열분석 시험 및 X-선 회절 시험

규산소다와 10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 사용하였을 때 열적거동과 반응생성물을 조사하기 위하여 열분석 시험과 X-선 회절 시험을 하였다. 규산소다와 규산소다에 10%의 글루콘산 소다를 첨가한 두 종류의 점결제를 각각 용기에 담아 실험용 V.R.H. 장치의 반응실에 넣어서 먼저 진공 배기 후 CO₂ 가스를 양압 하에서 48시간 동안 반응시켜 시료를 얻었다. 이들 시료를 열중량분석 시험(T.G.A. Shimadzu사 TG-50 Model 장치 이용)과 시차열분석 시험(D.T.A. Shimadzu사 DT-50 Model 장치 이용)에 사용하였으며 각 시험용 시료의 양은 40mg이었다. 그리고 CO₂ 가스와 반응하여 겔화된 시료를 100, 500, 900 그리고 1,100°C의 온도에서 1시간 동안 가열한 후 X-선 회절 장치(Siemens사 D-500 Model 장치)를 이용하여 X-선 회절 시험을 하였다.

2.6 H-주강공장 주형사와의 비교

실제 현장에서 사용하고 있는 주형사와 비교하기 위하여 H-주강공장의 주형사와 규사를 가져와서 시험하였다. H-주강공장에서 사용하는 규사의 GFN은 38.0으로 그 입도분포는 Table 1에서 보이는 바와 같으며 규산소다는 본 실험에서

사용한 것과 동일하였다. 먼저 H-주강공장에서부터 가져온 주형사의 초기강도를 측정하였으며 이 값과 비슷한 초기강도를 나타내는 새 점결제(10% 글루콘산 소다+규산소다)의 첨가량은 약 7%로 나타났다. 7%의 점결제를 혼합하여 얻은 시편과 현장 주형사로부터 얻은 시편을 100~1,100°C 사이의 온도범위에서 100°C 간격으로 변화시켜 가열한 후 굽힘강도를 측정하여 비교하였다.

CO₂ 가스와 반응하여 경화가 일어난 시편을 주어진 온도에 도달한 노 속에 넣어 1시간 동안 정한 온도에서 유지한 후 노에서 꺼내어 공기중에서 완전히 냉각한 후 굽힘강도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 CO₂ 가스와 반응시간에 따른 굽힘강도의 변화

규산소다만을 사용한 주형사의 시편과 10%의 글루콘산 소다를 첨가하여 혼합한 규산소다를 사용한 주형사 시편을 실험용 V.R.H. 반응실 내에 넣고 CO₂ 가스를 1kg/cm²의 압력하에서 10 l/min의 유속으로 공급하여 반응시켰을 때 시간에 따른 굽힘강도의 변화는 각각 Fig. 3 및 4에서 보이는 바와 같다. 규산소다만을 사용한 경우와 10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 사용한 경우 모두 점결제의 양이 증가할수록 굽힘강도는 증가하였으며 그 증가폭은 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 사용한 경우가 더 컸다. 그리고 규산소다만을 사용한 경우에는 CO₂ 가스 공급

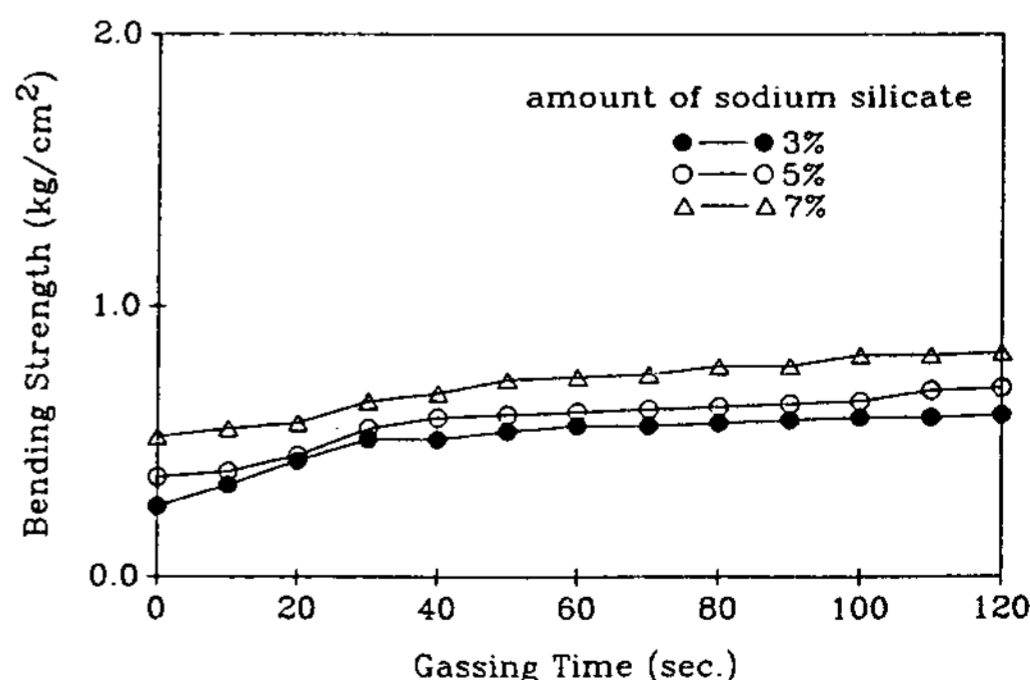


Fig. 3. Variation of the bending strength of sodium silicate bonded molding sand with CO₂ gassing time.

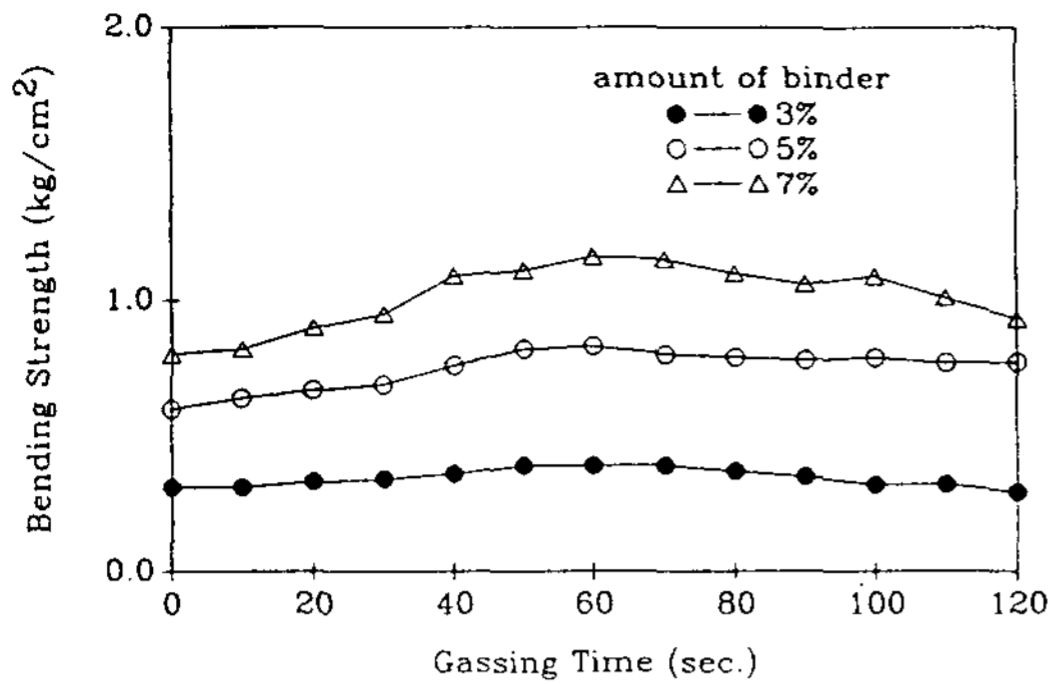


Fig. 4. Variation of the bending strength of 10% sodium gluconic acid added sodium silicate bonded molding sand with CO₂ gassing time.

시간이 증가할수록 굽힘강도는 증가하나 그 증가속도는 점차 감소하는 경향을 보였으며 10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 사용한 경우에는 처음 60초까지는 굽힘강도가 증가하다가 60초 이후에는 거의 변화가 없거나 오히려 약간 감소하는 경향을 보였다. 따라서 1kg/cm²의 압력하에서 10 l/min의 유속으로 CO₂가스를 공급하여 60초 동안 반응시켰을 때 거의 경화반응이 끝나는 것으로 사료된다.

3.2 초기강도와 시효강도의 변화

주물사를 점결제와 혼련하여 조형한 주형을 주입하기 전에 운반, 취급 및 보관하는 동안의 강도변화의 경향을 조사하기 위하여 초기굽힘강도와 24시간까지의 시효굽힘강도를 측정하였으며 초기굽힘강도와 시효굽힘강도의 변화는 Fig. 5에서 보이는 바와 같다. 이때 전체 점결제의 양은

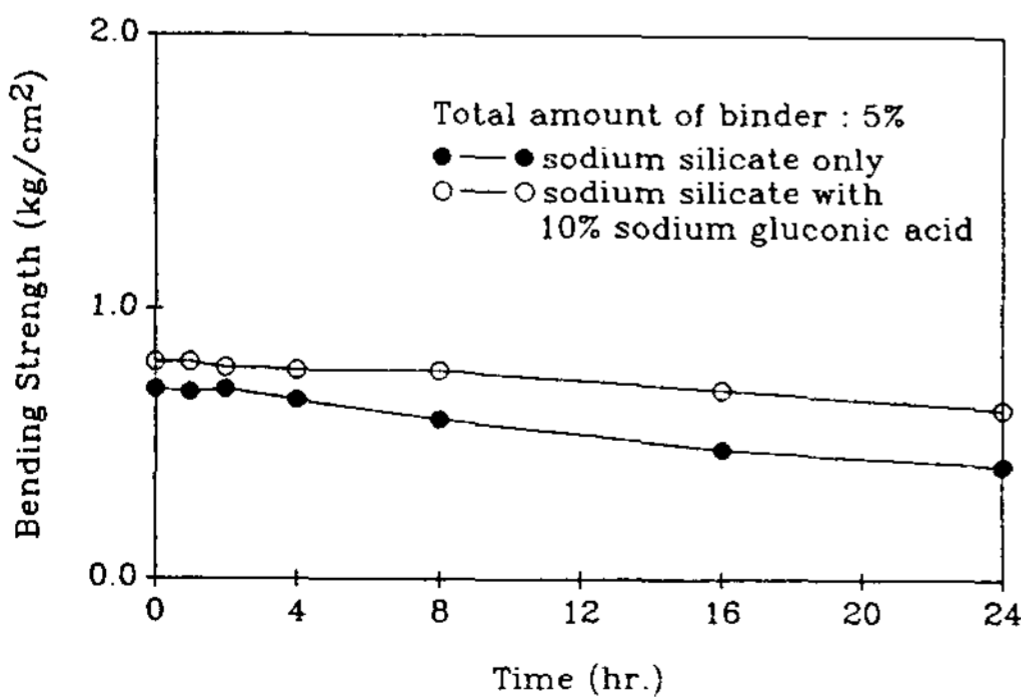


Fig. 5. Variation of bending strength of the sand specimen with room temperature aging.

5%였다. 10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 사용한 주형사 경우, 규산소다만을 사용한 주형사 보다 초기굽힘강도와 시효굽힘강도가 모두 더 컸으나 그 차이는 그리 크지 않았다. 그리고 그 이유는 분명치 않으나 시효에 따라 두가지 경우 모두 굽힘강도는 감소하였다.

3.3 온도에 따른 잔류강도의 변화

CO₂주형의 붕괴성을 검토하기 위해서는 CO₂주형의 열적특성을 알아야 한다[7]. 온도에 따른 CO₂주형의 잔류강도의 변화를 보면 150~250°C와 1,000~1,200°C의 온도 범위로 가열되었을 때 잔류강도가 매우 높게 나타난다. CO₂주형의 붕괴성을 향상시키기 위해서는 이 두가지의 잔류강도 피크를 저하시켜야 한다. 규산소다만을 사용한 주형사시편과 10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 사용한 주형사 시편을 100~1,100°C의 온도범위에서 100°C간격으로 가열온도를 변화시켜 잔류강도를 측정하였으며 그 결과는 각각 Fig. 6 및 7에서 보이는 바와 같다.

규산소다만을 사용한 경우에는 점결제의 양이 증가할수록 잔류강도도 증가하였으며 100°C 부근과 1,000~1,200°C 온도 범위에서 피크 잔류강도를 보였다. 10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 사용한 경우에도 사용한 점결제의 양이 증가할수록 전체적으로 잔류강도는 증가하였다. 그리고 1,000~1,200°C의 온도 범위에서의 잔류강도 피크는 여전히 존재하였다. 이는 이 온도 범위에서의 글루콘산 소다의 연소손실로 인하여 전혀 영향을 미치지 못하였기 때문으로 사

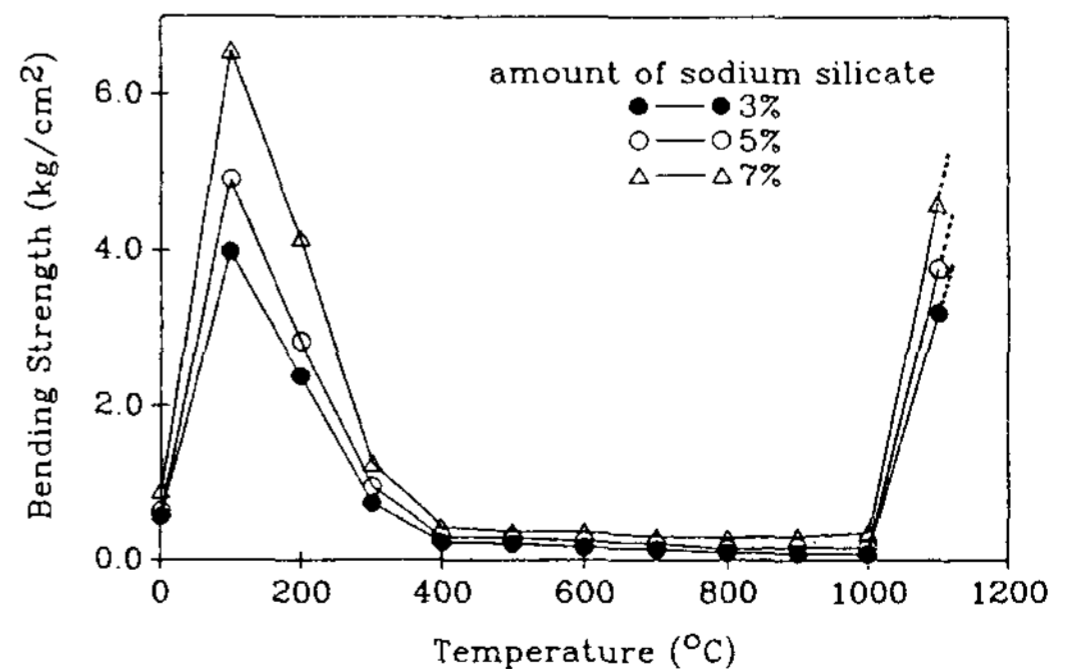


Fig. 6. Variation of the bending strength of sodium silicate bonded molding sand with heating temperature.

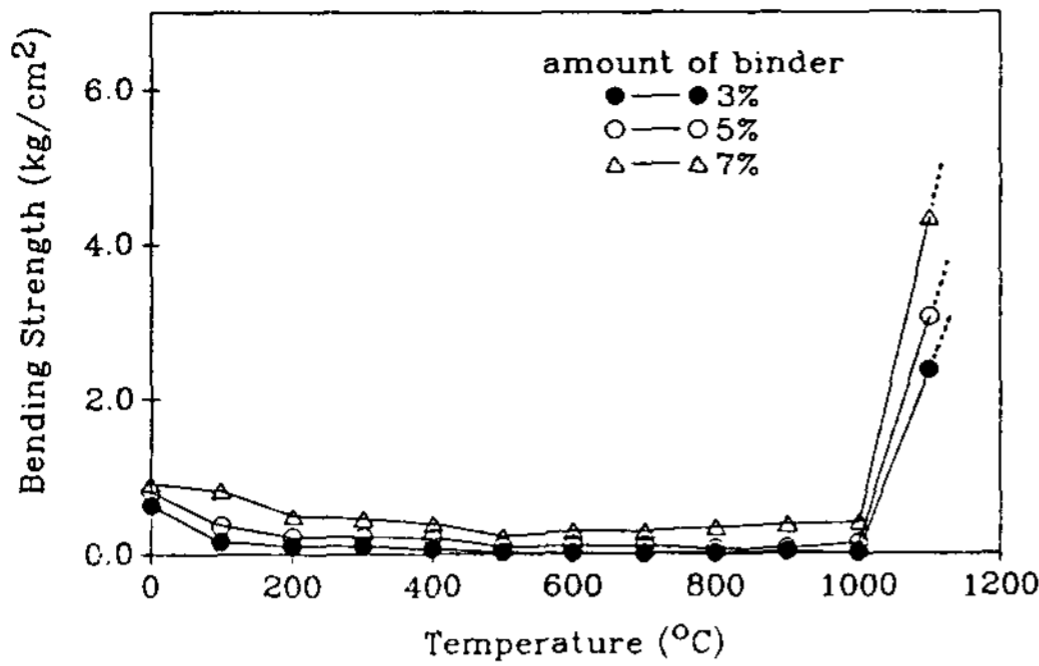


Fig. 7. Variation of the bending strength of 10% sodium gluconic acid added sodium silicate bonded molding sand with heating temperature.

료된다. 그러나 100°C 부근의 잔류강도 피이크는 사라졌음을 알 수 있었다. 따라서 글루콘산 소다는 CO₂주형의 붕괴성을 크게 향상시킨다는 것을 알 수 있다. 이는 글루콘산 소다가 열을 받아서 CO₂, H₂O, 에틸렌글루콜, 메틸알콜 및 글리세린으로 분해하는 특성이 있어서 규산소다의 점결막을 파괴하여 잔류강도를 크게 감소시키는 것으로 생각된다.

3.4 열분석 시험과 X-선 회절 시험

규산소다와 규산소다에 10% 글루콘산 소다를 첨가한 두종류의 점결제에 대하여 열적거동과 반응생성물을 조사하기 위하여 열분석 시험을 하였다. 이들 두종류의 점결제만을 실험용 V.R.H. 반응실에서 경화시킨 시료를 열중량 시험과 시차열분석 시험을 한 결과는 각각 Fig. 8과 9에서 보이는 바와 같다.

먼저 경화된 규산소다의 열중량 분석 시험결과 (Fig. 8, (a))를 보면 전체적으로 37.5%의 중량 감소가 있었다. 200°C 이하의 저온영역에서 먼저 흡착수의 탈수현상에 의하여 중량감소가 있으며 400°C 부근에서는 반응생성물인 Na₂CO₃의 분해로 인한 CO₂가스의 발생으로 중량감소가 있는 것으로 생각된다. 시차 열분석 시험결과(Fig. 8 (b))를 보면 먼저 127°C의 온도에서 흡열 피이크가 존재한다. 이는 결정수의 탈수현상을 나타내는 것으로 생각된다. 그리고 400~785°C의 온도범위에서 발열 피이크가 존재하는데 이것은 Na₂CO₃의 분해로 인한 피이크이다. 또한 982°C

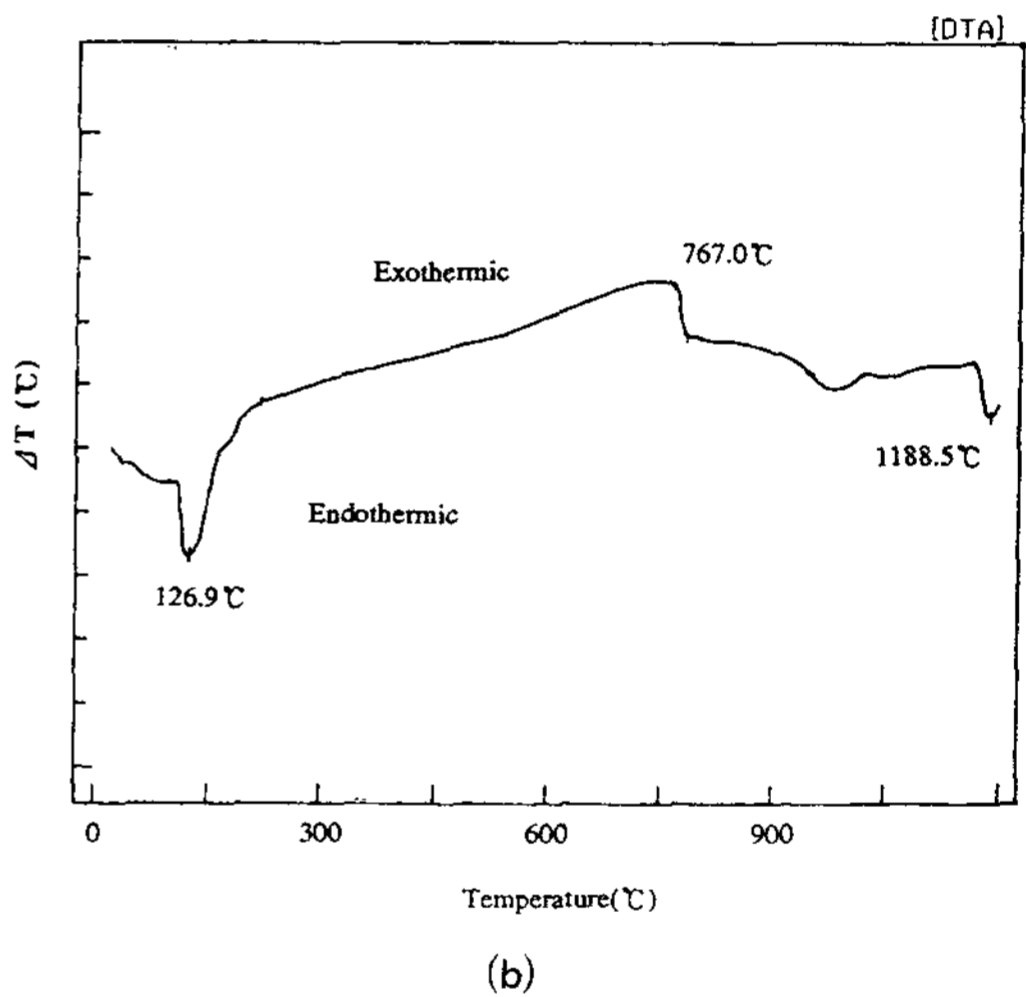
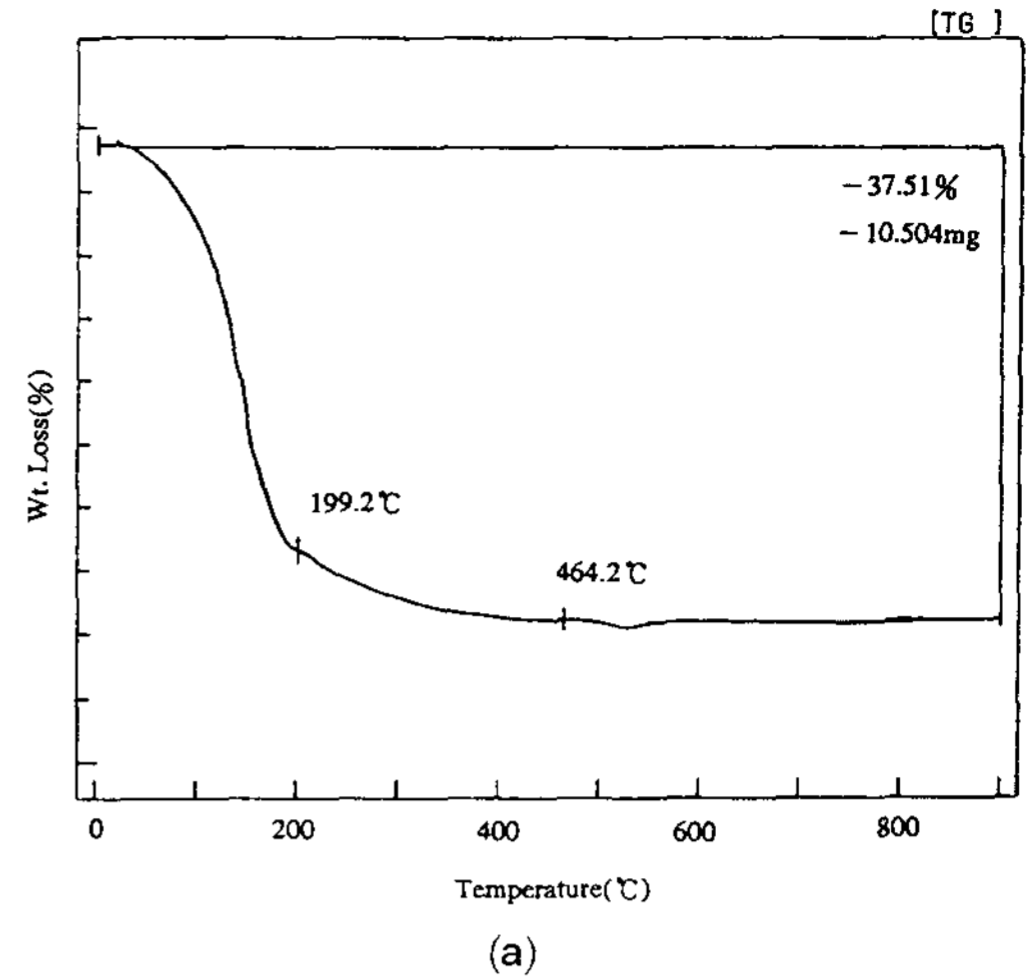


Fig. 8. Thermal gravimetry analysis (a) and differential thermal analysis (b) curves of the hardened sodium silicate by CO₂.

부근에서 흡열 피이크가 존재한다. 이것은 비정질 SiO₂가 α-crystobalite로 변태하는 것을 나타내는 것으로 생각된다.

10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 경화시킨 시료의 열중량 분석 결과는 Fig. 9, (a)에서 보이는 바와 같으며 34.6%의 중량감소를 보였다. 135°C 이하의 저온영역에서 흡착수의 탈수현상으로 인한 중량감소가 있었다. 그리고 252°C 부근에서 원인이 분명하지 않은 중량감소가 있고 그 이후에 400°C 부근부터 역시 반응생

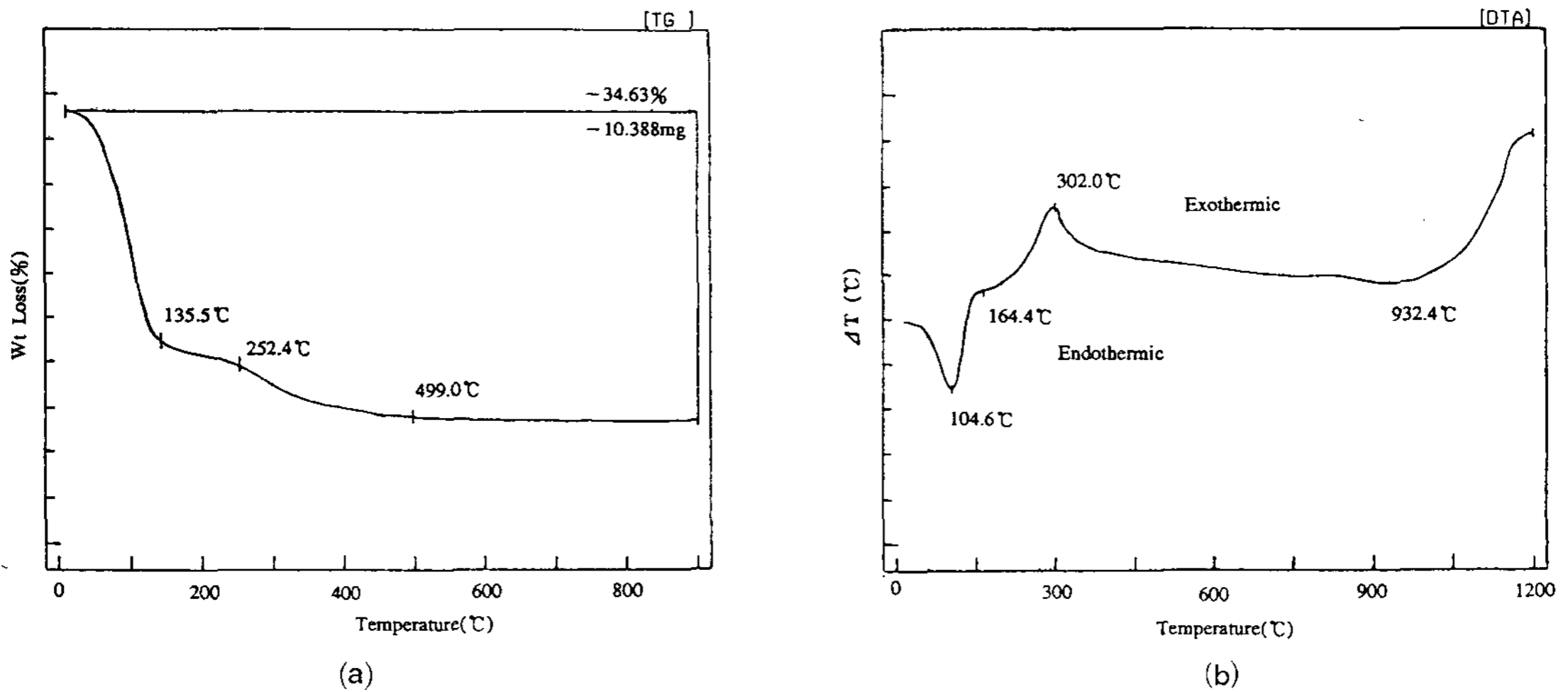


Fig. 9. Thermal gravimetry analysis (a) and differential thermal analysis (b) curves of the hardened sodium silicate with sodium gluconic acid addition by CO₂.

성물인 Na₂CO₃의 분해에 의한 중량감소가 있는 것으로 생각된다. 시차 열분석 시험 결과(Fig. 9, (b))를 보면 먼저 105°C 부근의 온도에서 흡열 피크가 존재한다. 이는 결정수의 탈수현상을 나타낸다. 그리고 반응열로 추정되나 원인이 분명하지 않은 발열 피크가 302°C 부근에서 존재한다. 1,200°C의 온도 부근에서는 연소반응에 의한 것으로 추정되는 큰 발열 피크가 존재한다.

반응 생성물을 명확하게 규명하기 위하여 이들 두종류의 점결체를 CO₂가스로 경화시킨 시료를 100, 500, 900 및 1,100°C의 온도에서 1시간 가열하여 X-선 회절시험을 하였다. 규산소다만을 사용한 시료로부터 얻은 X-선 회절 패턴은 100°C로 가열한 경우에, Fig. 10, (a)에서 보이는 바와 같이, Na₂SiO₃ 피크와 Na₂CO₃ 피크가 약하게 존재하기는 하지만 전체적으로는 비정질 SiO₂의 패턴을 보였으며 그 대표적인 모양은 1,100°C로 가열한 시료로부터 얻은 Fig. 10, (b)에서 보이는 바와 같다. 100°C로 가열한 시료로부터 얻은 X-선 회절 패턴(Fig. 11, (a))을 보면 결정화된 규산소다와, 약하긴하나 Na₂CO₃로부터의 피크도 보인다. 규산소다만을 사용한 시료(Fig. 10, (a))에 비하여 결정화된 규산소다의 형성을 촉진하고 경화 반응 생성물로 Na₂CO₃가 존재함을 알 수 있다. 따라서 결정화된 규산소다의

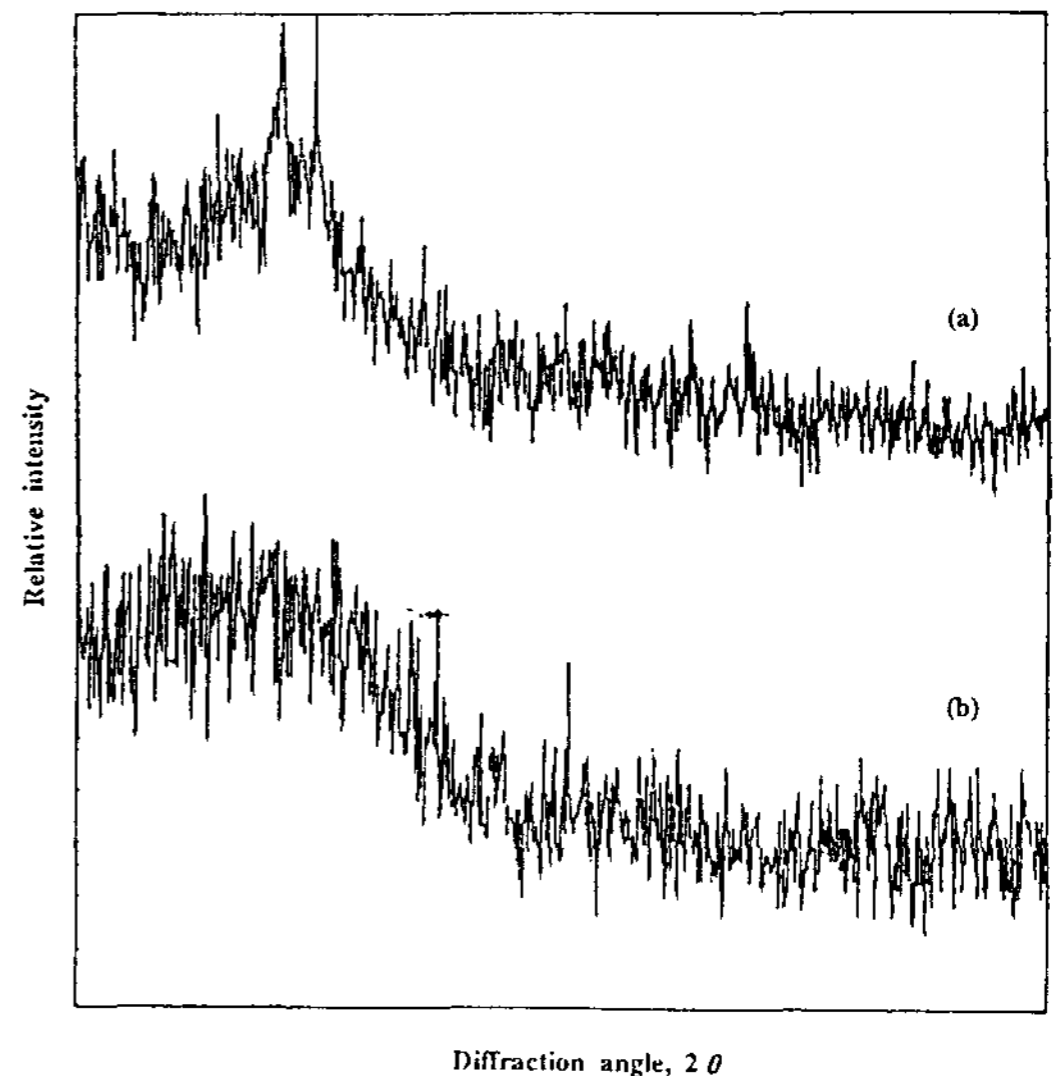


Fig. 10. X-ray diffraction patterns from the heated sodium silicate at 100°C (a) and 1,100°C (b) for 1 hr. after having been hardened by CO₂.

형성과 글루콘산 소다의 열분해로 인하여 이 온도에서의 잔류강도(Fig. 7 참조)를 크게 감소시킬 것으로 사료된다. 500°C의 온도로 가열한 경우(Fig. 11 (b))에는 Na₄SiO₄가 존재하고 Na₂SiO₃가 여전히 잔류함을 알 수 있다. 400°C에서 Na₂CO₃가 분해하여 생긴 Na₂O가 Na₂SiO₃와 반

응하여 Na₄SiO₄를 형성하였기 때문으로 생각되며 따라서 시차 열분석 시험 결과(Fig. 9, (b))에서 나타난 302°C의 발열 피이크는 바로 이 반응에 의한 Na₄SiO₄의 반응생성열을 나타낸 것으로 사료된다. 900°C의 온도로 가열한 경우(Fig. 11, (c))에서는 crystobalite형 SiO₂와 Na₄SiO₄가 존재함을 알 수 있다. 그리고 1,100°C의 온도로 가열한 경우(Fig. 11, (d))에는 비정질 형태의 X-

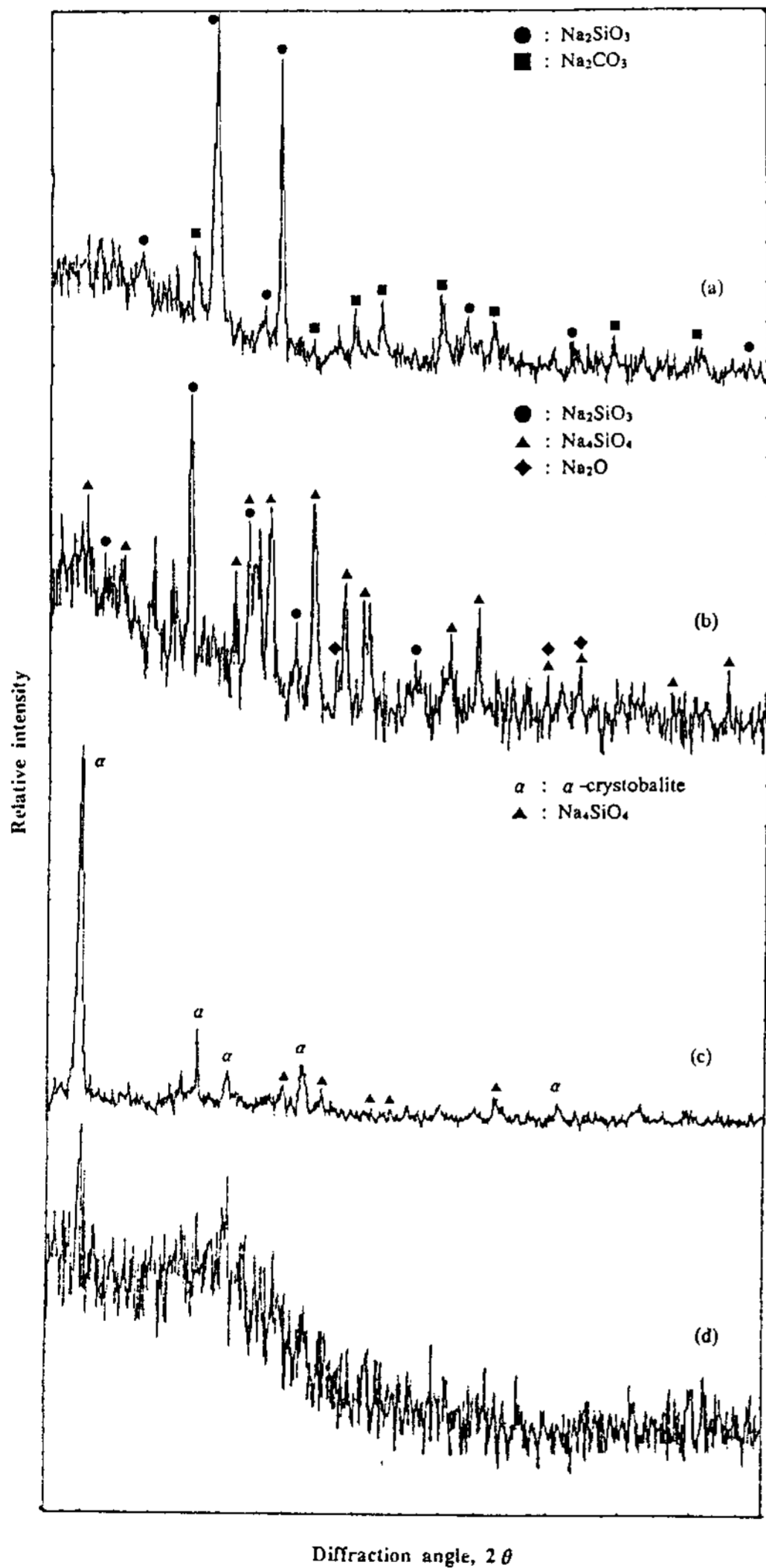


Fig. 11. X-ray diffraction patterns from the heated sodium silicate with 10% sodium gluconic acid addition at 100 (a), 500 (b), 900 (c) and 1,100°C (d) for 1 hr. after having been hardened by CO₂.

선 회절 패턴으로 나타났다. 이것은 첨가한 글루콘산 소다의 연소와 고온가열에 의한 비정질화가 일어나기 때문으로 사료된다. 그리하여 가열온도에 따른 잔류강도의 변화(Fig. 7)를 보면 1,100°C 근처에서 잔류강도의 피이크가 나타나는 것으로 사료된다.

3.5 H-주강공장 주형사와의 비교

먼저 H-주강공장에서 사용하고 있는 주형사의 초기강도를 측정하였다. 이 공장에서 사용하고 있는 규사에 10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산 소다를 혼합하여 제조한 주형사에 대하여 점결제의 양에 따른 굽힘강도변화를 측정하였으며 그 결과는 Fig. 12에서 보이는 바와 같다. 약 7%의 점결제(10% 글루콘산 소다+규산소다)를 사용하면 H-주강공장에서 사용하고 있는 주형사와 비슷한 초기강도 값을 얻을 수 있다는 것을 알았다. 그리고 이 두 종류의 주형사로부터 얻은 시편의 가열온도에 따른 굽힘강도변화는 Fig. 13에서 보이는 바와 같다. H-주강공장에서 가져온 주형사의 강도는 전형적인 규산소다형 CO₂주형의 온도에 따른 강도거동을 보였다. 그러나 이 공장에서 사용하고 있는 규사를 10% 글루콘산 소다를 혼합한 규산소다와 혼련하여 얻은 주형사 시편의 강도는 동일한 초기강도 조건의 모든 온도에서, 이 공장에서 가져온 주형사의 강도보다 낮았으며 특히 100°C 부근 및 1,000~1,200°C의 온도범위

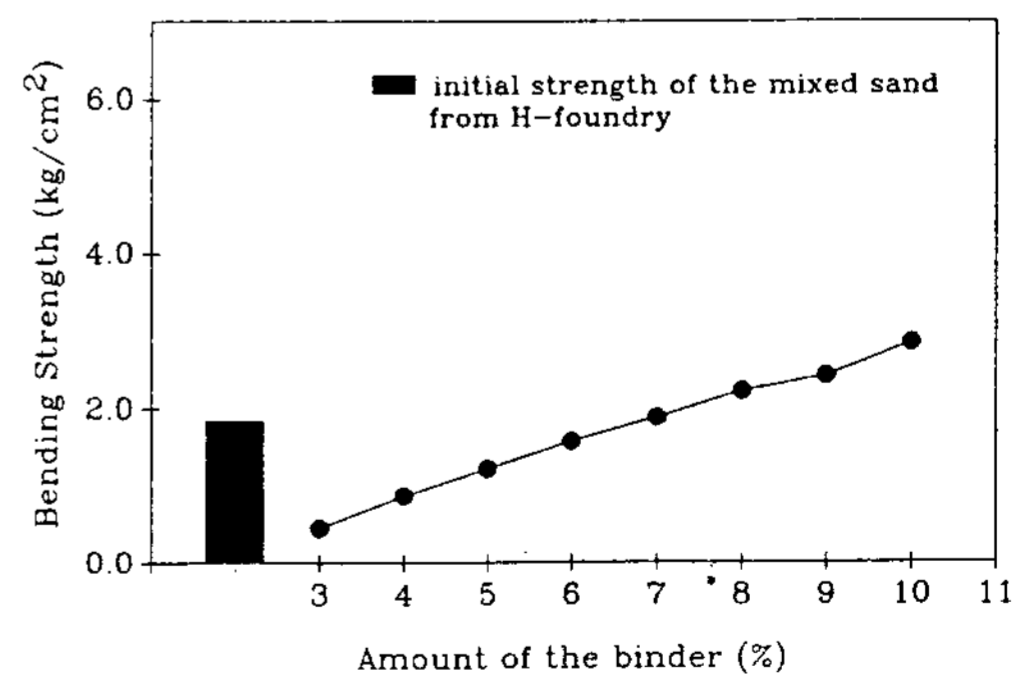


Fig. 12. Initial strength of the mixed sand from H-foundry and the variation of that with the amount of 10% sodium gluconic acid added sodium silicate by using the silica sand from there.

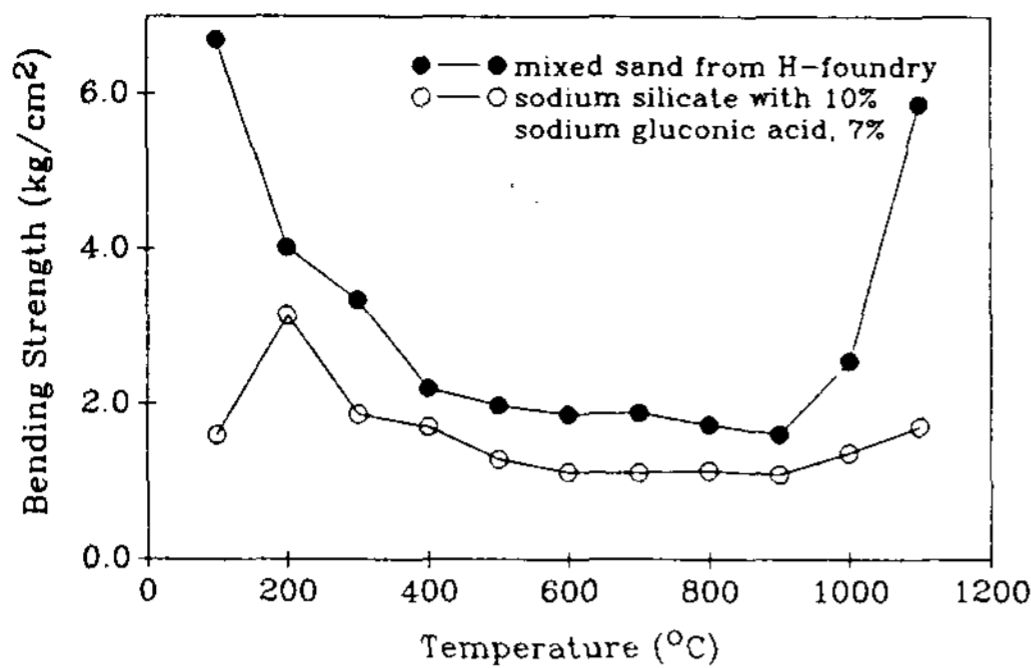


Fig. 13. Variation of the bending strengths of the mixed sand from H-foundry and that with 10% sodium gluconic acid added sodium silicate with temperature.

에서의 강도 피이크는 나타나지 않았다. 따라서 글루콘산 소다는 CO₂주형의 붕괴성을 현격하게 향상시킬 수 있을 것으로 판단한다.

4. 결 론

CO₂주형의 붕괴성에 미치는 글루콘산 소다의 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 규산소다만을 그리고 10% 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다를 사용한 주형사의 모든 경우에 1kg/cm²의 압력하에서 10 l/min의 유속으로 CO₂가스를 공급하여 60초동안 반응시켰을 때 강도는 포화되었다.

2) 글루콘산 소다를 사용한 주형사는 100~1,100°C의 가열온도 범위에서 잔류강도를 감소시켰으며 특히 100°C 부근의 잔류강도를 현격히 감소시켜 이 온도 부근의 잔류강도 피이크를 사라지게 하였다.

3) 1,100°C 부근의 고온에서는 연소로 인하여 글루콘산 소다는 전혀 주형사의 잔류강도에 영향을 미치지 못하였다.

4) 글루콘산 소다를 첨가한 규산소다의 경우 가열온도 100°C의 저온에서는 미반응무수 규산

소다, Na₂CO₃ 및 silica gel이 형성하며 500°C 부근에서는 Na₂CO₃가 분해하여 생긴 Na₂O와 무수 규산소다가 반응하여 Na₄SiO₄를 형성한다. 900°C의 고온에서 SiO₂는 crystobalite형으로 변태하며 Na₄SiO₄도 존재한다.

후 기

본 연구는 1992년도 해원산업(주)과 match fund 형태의 산학협동재단 연구비로 이루어졌으며 이에 감사를 드린다.

참 고 문 헌

- [1] E. L. Kotzin ed., Metal Casting and Molding Process, AFS, 187 (1981)
- [2] 주형 및 주물사 작업표준, 공업진흥청, 45 (1979)
- [3] R. Worthington, Iron and Steel, 39, 176 (1966)
- [4] R. Worthington, Iron and Steel, 39, 297 (1966)
- [5] L. J. Pedicini, M. B. Mizzi-Krysiak, Trans. AFS, 373 (1988)
- [6] J. Gotheridge, Trans. AFS, 37, 1 (1979)
- [7] N. Y. Huang, X. P. Dong., W. O. Wang, Trans. AFS, 429 (1990)
- [8] 주물편람, 일본주물협회, 김덕윤역, 211 (1978)
- [9] R. Worthington, Iron and Steel, 39, 331 (1966)
- [10] D. V. Atterton, Trans. AFS, 64, 14 (1956)
- [11] R. Worthington, Iron and Steel, 40, 261 (1967)
- [12] M. Nakayama and T. Kinoshita, Imono, 45(1), 1 (1973)