

技術資料

유기 자경성 furan 주형의 반복사용에 따른 특성 검토

정 승

Properties of Recycled Furan Sands

S. Cheong

I. 서 론

1. Furan 조형의 역사

Furan 조형은 유기점결제(binder)와 경화촉진제(catalyst)의 상온 경화 반응을 이용한 조형 방법으로 shell mold(1940년대), CO2 process(1950년대)에 이어 1960년도 이후 구미지역에서 널리 적용되는 조형방법으로 1980년도부터 당공장에 적용하였다.

2. Furan 조형의 특징

- 1) 유기 자경성 furan은 조형이 용이하며, 일정 시간 주형강도를 유지하며, 주형사를 다시 회수하여 재생이 가능하다.
- 2) 조형과 탈사가 용이하여 붕괴성이 좋으며, 소형에서 대형 주물까지 광범위하게 사용 가능하다.
- 3) 조형 후 일정시간(3~5시간)이 지나야 주형강도를 유지하며, 목형 형발이 용이하다.
- 4) % nitrogen, % water는 furan resin에 미소량 함유되어 있어 주물의 porosity, pinhole을 발생시키며 경화속도 지연, 조형사강도를 저하시키므로 엄격한 관리가 필요하다.
- 5) % F.A(furfuryl alcohol) 상온 경화반응의 주체가 되며, 그 함량에 따라 gas 결합에 영향을 미치며 경화 반응속도에 영향을 주므로, 사처리 설비, 주물사 수분, 산 소비량, PH에 따라 F.A 함량을 결정한다.
- 6) % formaldehyde(HCHO) H2O와 반응 부산물로서 적정치보다 함량이 많으면, 경화 반응을 지연시킨다.

3. Furan resin의 경화 기구

- ① 단계 : 산(ACID) 촉매하에서 furfuryl alcohol의 alcohol기와 furan환의 H와의 탈수 축합반응 단계
- ② 단계 : 산촉매하에서 탈수에 의한 ether의 결합물의 생성
- ③ 단계 : formaldehyde 생성 및 수지의 자기 중합물(polymerization) 형성 단계

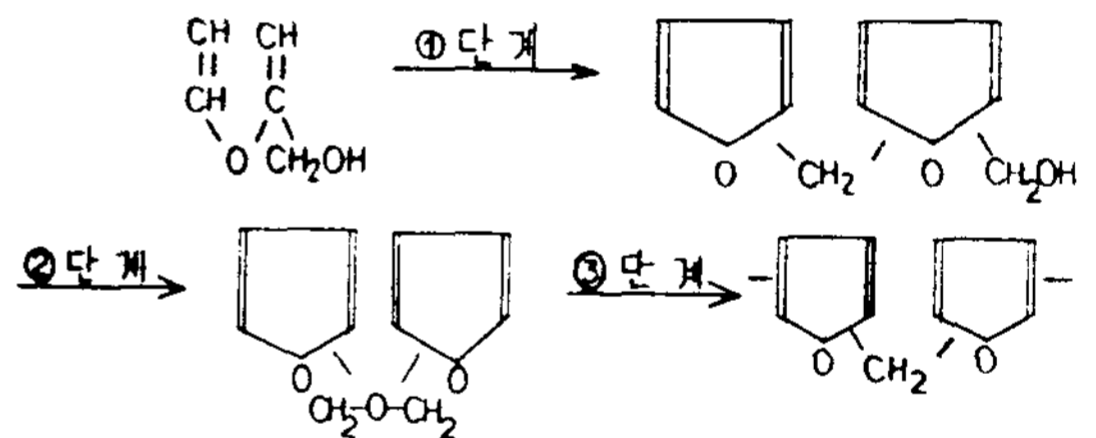


그림 1. Furan resin의 경화기구

4. Furan 주요 설비 및 공정

- Mixing → Molding → 도형(Zircon base) → 합형 → Pouring → 해체 → Shakeout M/C → Oscillating conveyor → Sand crusher → Magnetic separator → Vibra screen → Bucket elevator → Sand bin → Rotary screen → Rotary screen → Bucket elevator → Magnet separator → Roto conditioner → Hulket elevator → Sand cooler → Transporter → Reclaimed sand bin → Long arm mixer
- 1) Shake out M/C : 주탕후 flask, 제품 및 모래를 해체 분리.
 - 2) Sand crusher : 모래에 진동을 부여하여 모래와 모래의 마찰에 의하여 모래 덩어리를 분쇄
 - 3) Vibra-screen

회수된 주물사를 선별하는 것으로 screen 채 3.4mm 이하는 screen 하부로 낙하하여 bucket elevator로 이송하여 회수사 tank에 저장한다.

4) Bucket elevator

상부 pully와 하부 pully에 걸려진 belt에 bucket 을 부착하고 상부 구동에 의해 저부에서 상부로 모래를 운반하는 수송기.

5) Long arm mixer

본 장치는 mixer부, arm belt conveyor부, stand pump부로 되어 있으며, mixer부와 arm belt, conveyor부가 선회한다.

혼련 작동은 전자동으로 start button을 누르면 mixer와 arm belt conveyor가 작동하여 시간차를 두고 sand gate가 open된다. open된 gate로부터 배출된 sand는 arm belt conveyor, mixer로 운송 되어 binder가 첨가 되도록 되어 있다.

5. 년도별 주철공사 furan process 점유율 현황

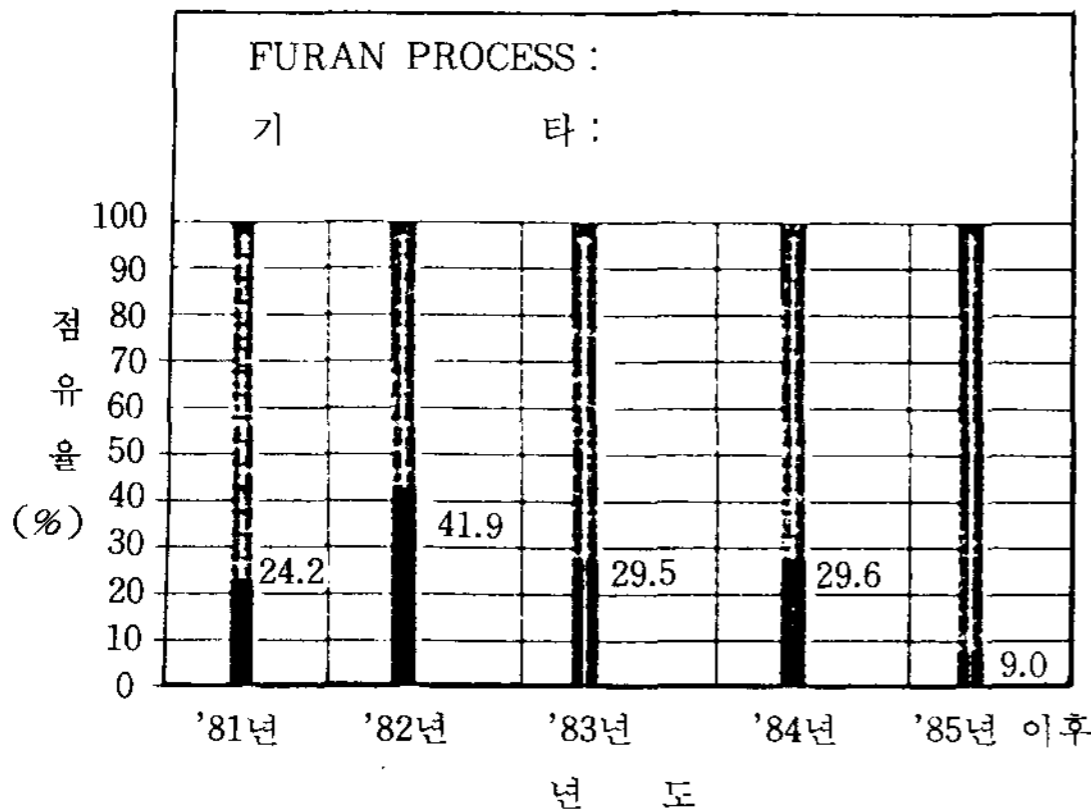


표 1. 규사의 입도 분포

(단위 : %)

Mesh	20	30	40	50	70	100	140	200	270
신 사	17.5	42.1	30.0	8.5	0.4	1.4	TR	TR	TR
회수사	9.5	34.3	26.8	14.5	10.9	3.3	0.6	0.1	TR
A 사	2.0	29.8	41.8	20.0	5.2	1.0	0.2	TR	TR
B 사	-	19.0	50.8	27.2	2.8	0.2	TR	TR	TR
C 사	-	0.4	7.0	29.6	45.2	17.0	0.6	0.2	TR

6. 선정동기

'88년 상반기 주철불량율중 gas로 인한 불량율이 생산량의 1.5wt%로서 gas 결합의 주원인인 주물사 특성 검토

II. 본 론

1. 실험목표

- 1) Furan 주형의 특성에 영향을 주는 인자(입도, PH치, 산 소비량)의 이론적 고찰 및 실험에 의한 data 수집으로 안정된 주물사 품질관리 필요
- 2) 재생사의 강열감량 조사에 의한 대책 수립
- 3) 반복 사용시 주형특성변화를 비교 차이점 검토 및 향후 대책 수립
 - 일본사(A, B, C)와 주문진사
- 4) 신사재생설비의 재생사 특성시험의 품질검토 (OMCO MK18)

2. 실험방법

2-1. 주물사

주문진 규사(4호)와 회수사(A, B, C)와 입도분포 및 화학성분 비교(표 1, 2)

범	A사 : 도근 현산 천연 5호
례	B사 : 애지 현산 인조 5호
	C사 : 정강 현산 천연 6호

표 2. 규사의 화학 성분

(단위 : %)

종류 \ 성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	LOI
신사	94.82	4.84	TR	0.13	TR	0.2
회수사	92.42	4.60	1.30	0.13	0.04	1.50
A사	96.84	1.81	0.16	0.06	0.02	0.42
B사	98.72	0.71	0.29	0.07	0.07	0.19
C사	79.40	10.31	1.61	1.68	0.63	0.89

2-2. Furan resin ; 본 실험에서는 K-furan-970 사용

표 3. Furan Resin의 종류

항목 \ Model	KC-1005	TD3389F	K-furan-980	K-furan-970
성분	UF / FA	UF / FA	UF / FA	UF / FA
% FA	93	85	93	85
% N ₂	2-3% MAX.	4-5% MAX.	2-3% MAX.	4-5% MAX.
외관	담황색 액상	-	-	-
점도(25°C)	22	22	18	20
불휘발성분(%)	10 - 14	15 - 19	12 ± 2	17 ± 2

2-3. Catalyst(경화 촉진제)

2-4. 재생 사용 시험

재생 furan 주형의 특성 조사 - 10회 반복 사용

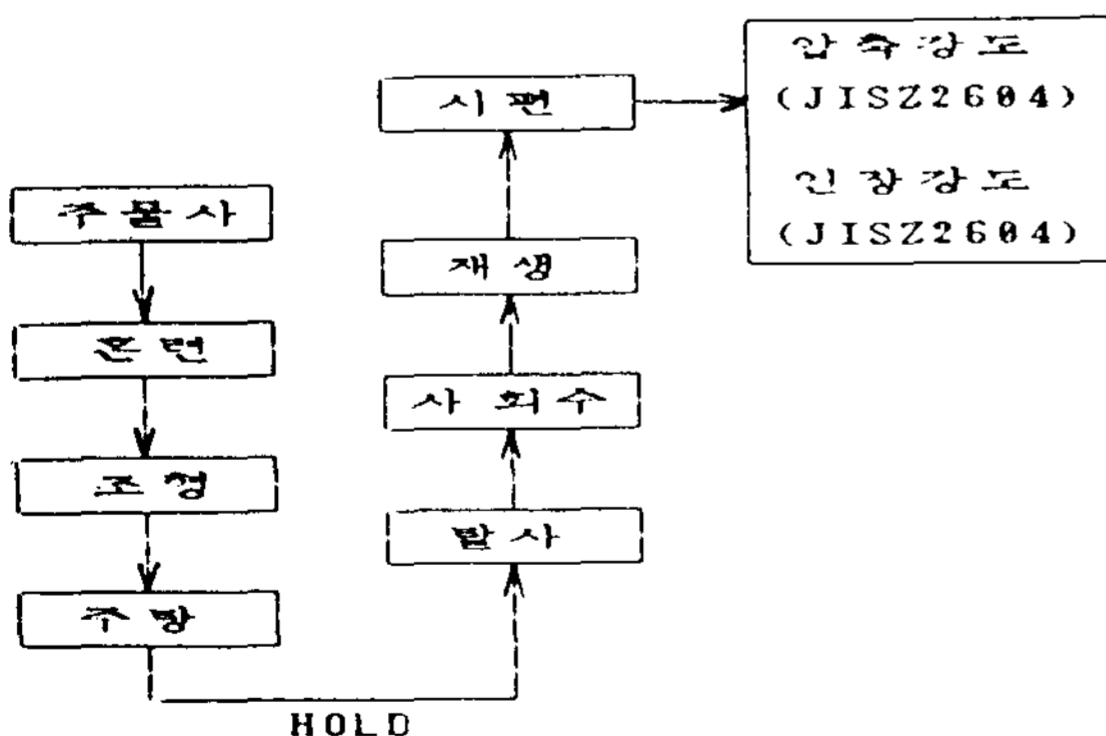


그림 2. 재생 flow

2-5. 주물사와 binder 배합 및 혼련방법

2-5-1. Furan resin 첨가량

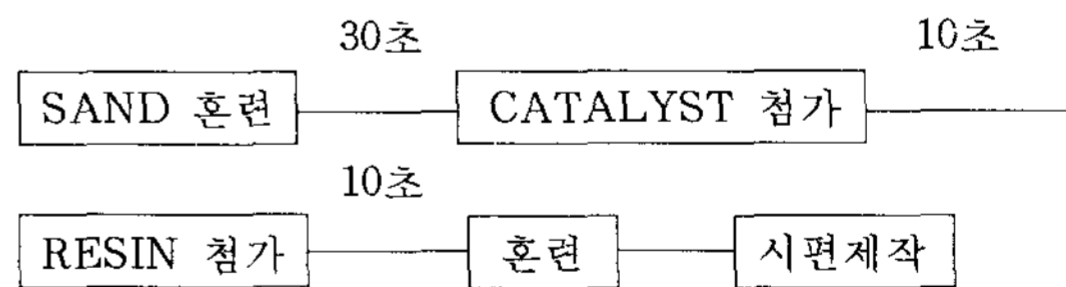
- 표면사 : 1.5WT%/sand(신사)

- 이면사 : 0.8WT%/sand(재생사)

2-5-2. Catalyst 사용량

- 여름철 : 25WT%/resin
- 겨울철 : 30WT%/resin

2-5-3. 혼련방법



- 외형 : MK 10 연속 혼련기 2기(10TONS/HR/기)
- 중자 : MK 6 연속 혼련기 1기(6TONS/HR) batch mixer 2기(300KG/BATCH)

표 4. Catalyst 종류

항목 \ Model	C-24M	KH-20
type	XSA계(황산)	-
외관	암갈색 액상	-
비중(25°C)	1.28 ± 0.02	1.22 ± 0.02
점도(25°C)	65MAX.	40MAX.

2-6. 재생사 시험 data ; MK10 연속혼련기조업

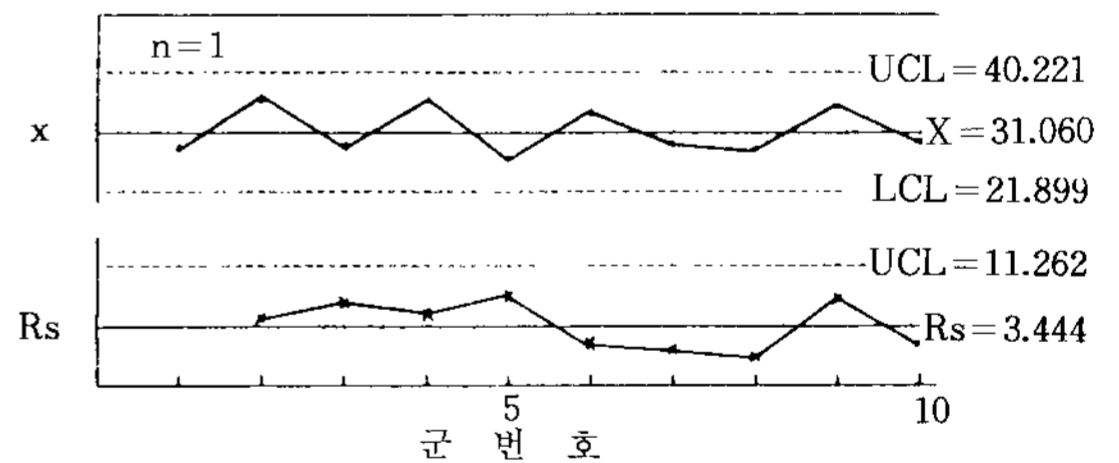
2-6-1. MK10 신, 구 설비 시험 data ; bench life 5 HR('88.10.18-11.19)

번호	조업일	압축강도 (KG/cm ²)		인장강도 (KG/cm ²)		L. O. I (%)		표면안정도 (%)	
		신 MK10	구 MK10	신 MK10	구 MK10	신 MK10	구 MK10	신 MK10	구 MK10
1	10.18	30.5		7.5		2.4		99.4	
2	10.19		33.5		4.5		2.9		95.5
3	10.21	34.5		8.0		2.7		96.6	
4	10.25		28.5		7.5		3.0		97.5
5	10.26	29.5		5.5		2.2		95.5	
6	10.27		30.3		9.5		2.1		98.3
7	10.28	34.2		5.8		2.8		93.5	
8	11.1		27.6		5.6		2.5		92.0
9	11.2	29.0		6.4		2.5		97.0	
10	11.3		33.0		8.9		2.4		93.5
11	11.4	31.7		6.9		2.7		97.4	
12	11.8		34.0		8.6		2.6		90.5
13	11.9	29.9		5.5		2.4		95.8	
14	11.10		26.9		6.5		2.0		92.3
15	11.11	28.5		8.5		2.3		92.5	
16	11.15		25.0		4.0		2.1		91.5
17	11.16	32.5		7.1		2.1		94.8	
18	11.17		22.5		7.9		2.4		94.3
19	11.18	30.3		6.0		2.6		96.5	
20	11.19		34.0		4.5		2.3		95.9

2-6-2. 신 MK10 압축강도 관리도

번호	일시	측정치(X)	이동범위(Rs)
1	10.18	30.5	
2	10.21	34.5	4.0
3	10.26	29.5	5.0
4	10.28	34.2	4.7
5	11.2	29.0	5.2
6	11.4	31.7	2.7
7	11.9	29.9	1.8
8	11.11	28.5	1.4
9	11.16	32.5	4.0
10	11.18	30.3	2.2
계		310.6	31.0
평균		31.060	3.444

X 관리도 $\bar{X} = 31.060$ R_s 관리도 $\bar{R}_s = 3.444$
 $UCL = \bar{X} + 2.66 R_s = 40.221$ $UCL = 3.27 \bar{R}_s = 11.262$
 $LCL = \bar{X} - 2.66 R_s = 21.899$ $LCL = -$

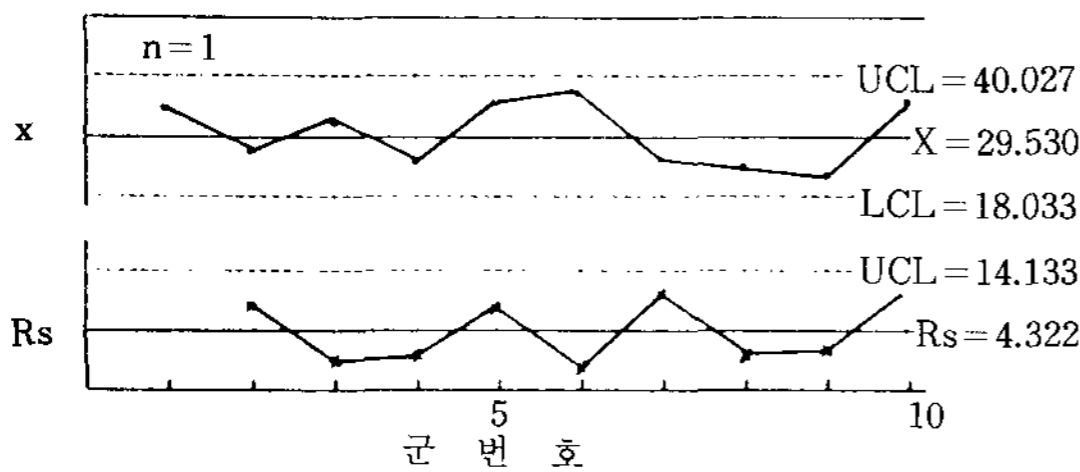


2-6-3. 구 MK10 압축강도 관리도

번호	일시	측정치(X)	이동범위(Rs)
1	10.19	33.5	
2	10.25	28.5	5.0
3	10.27	30.3	1.8
4	11.1	27.6	2.7
5	11.3	33.0	5.4
6	11.8	34.0	1.0
7	11.10	26.9	7.1

8	11.15	25.0	1.9
9	11.17	22.5	2.5
10	11.19	34.0	11.5
계		295.3	38.9
평균		29.530	4.322

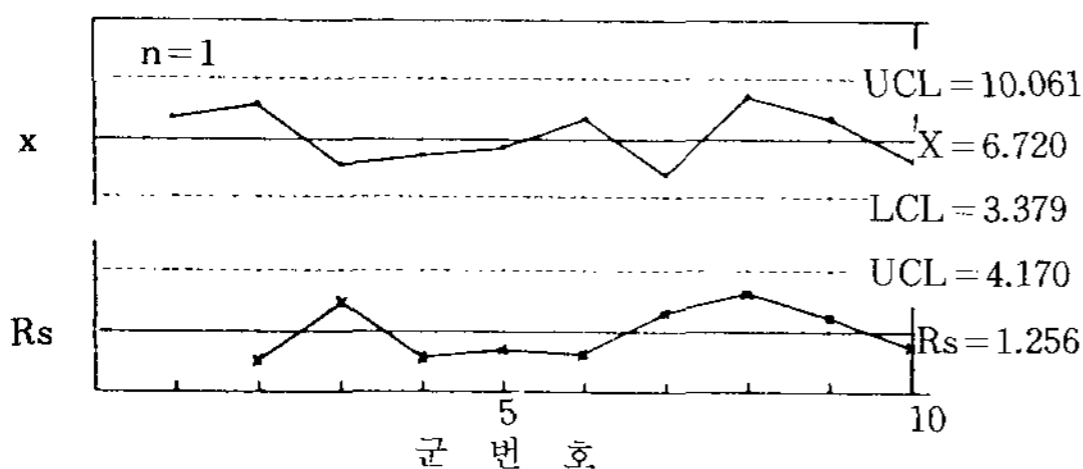
X 관리도 $\bar{X} = 29.530$ R_s 관리도 $\bar{R}_s = 4.322$
 $UCL = \bar{X} + 2.66 \bar{R}_s = 41.027$ $UCL = 3.27\bar{R}_s = 14.133$
 $LCL = \bar{X} - 2.66 \bar{R}_s = 18.033$ $LCL = -$



2-6-4. 신 MK10 인장강도 관리도

번호	일시	측정치(X)	이동범위(Rs)
1	10.18	7.5	
2	10.21	8.0	0.5
3	10.26	5.5	2.5
4	10.28	5.8	0.3
5	11.2	6.4	0.6
6	11.4	6.9	0.5
7	11.9	5.5	1.4
8	11.11	8.5	3.0
9	11.16	7.1	1.4
10	11.18	6.0	1.1
계		67.2	11.3
평균		6.720	1.256

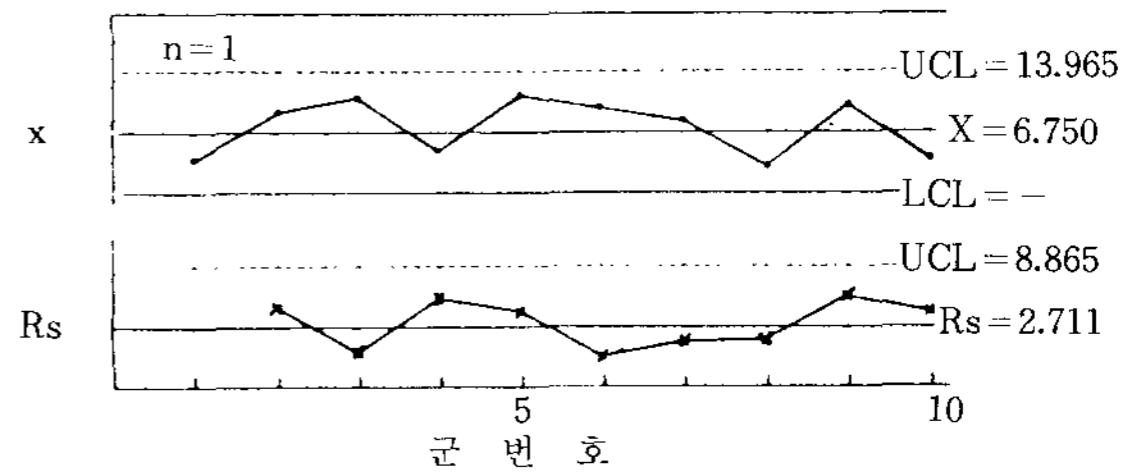
X 관리도 $\bar{X} = 6.720$ R_s 관리도 $\bar{R}_s = 1.256$
 $UCL = \bar{X} + 2.66 \bar{R}_s = 10.061$ $UCL = 3.27\bar{R}_s = 4.107$
 $LCL = \bar{X} - 2.66 \bar{R}_s = 3.379$ $LCL = -$



2-6-5. 구 MK10 인장강도 관리도

번호	일시	측정치(X)	이동범위(Rs)
1	10.19	4.5	
2	10.25	7.5	3.0
3	10.27	9.5	2.0
4	11.1	5.6	3.9
5	11.3	8.9	3.3
6	11.8	8.6	0.3
7	11.10	6.5	2.1
8	11.15	4.0	2.5
9	11.17	7.9	3.9
10	11.19	4.5	3.4
계		67.5	24.4
평균		6.750	2.711

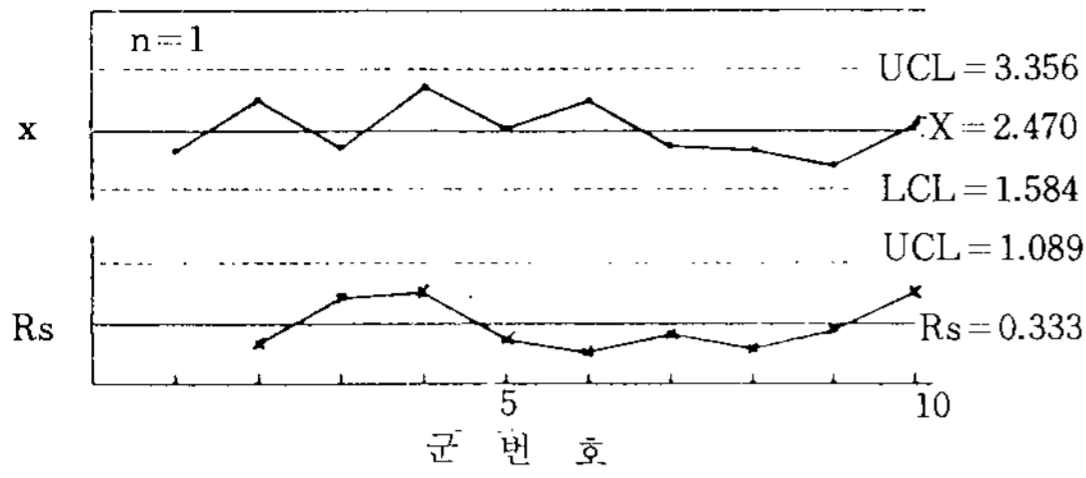
X 관리도 $\bar{X} = 6.750$ R_s 관리도 $\bar{R}_s = 2.711$
 $UCL = \bar{X} + 2.66 \bar{R}_s = 13.961$ $UCL = 3.27\bar{R}_s = 8.865$
 $LCL = \bar{X} - 2.66 \bar{R}_s = -$ $LCL = -$



2-6-6. 신 MK10 LOI 관리도

번호	일시	측정치(X)	이동범위(Rs)
1	10.18	2.4	
2	10.21	2.7	0.3
3	10.26	2.2	0.5
4	10.28	2.8	0.6
5	11.2	2.5	0.3
6	11.4	2.7	0.2
7	11.9	2.4	0.3
8	11.11	2.3	0.1
9	11.16	2.1	0.2
10	11.18	2.6	0.5
계		24.7	3.0
평균		2.470	0.333

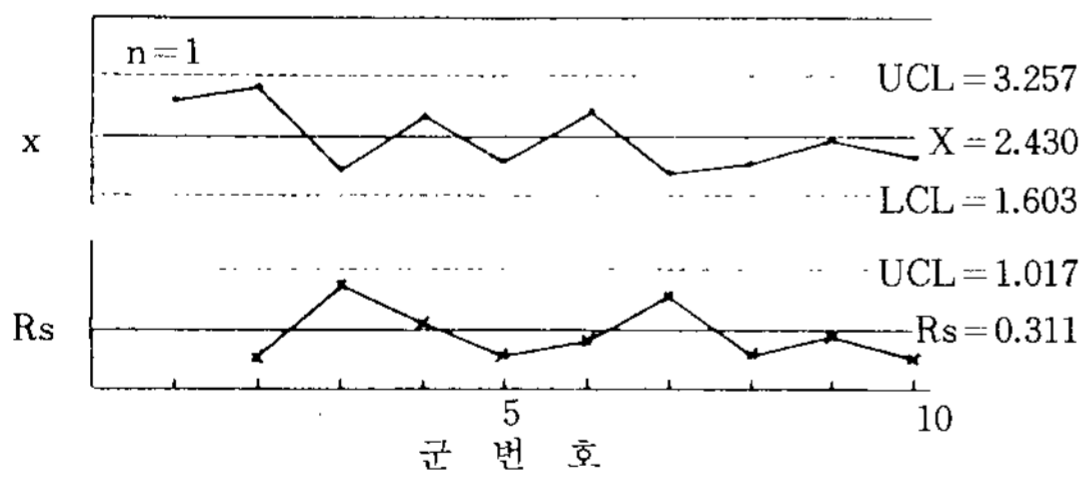
X 관리도 $\bar{X} = 2.470$ R_s 관리도 $\bar{R}_s = 0.333$
 $UCL = \bar{X} + 2.66 \bar{R}_s = 3.356$ $UCL = 3.27\bar{R}_s = 1.089$
 $LCL = \bar{X} - 2.66 \bar{R}_s = 1.584$ $LCL = -$



2-6-7. 구 MK10 LOI 관리도

번호	일 시	측정치(X)	이동범위(Rs)
1	10.19	2.9	
2	10.25	3.0	0.1
3	10.27	2.1	0.9
4	11.1	2.5	0.4
5	11.3	2.4	0.1
6	11.8	2.6	0.2
7	11.10	2.0	0.6
8	11.15	2.1	0.1
9	11.17	2.4	0.3
10	11.19	2.3	0.1
계		24.3	2.8
평균		2.430	0.311

X 관리도 $\bar{X}=2.430$ Rs관리도 $\bar{R}_s=0.311$
 $UCL=\bar{X}+2.66 \bar{R}_s=3.257$ $UCL=3.27\bar{R}_s=1.017$
 $LCL=\bar{X}-2.66 \bar{R}_s=1.603$ $LCL=-$

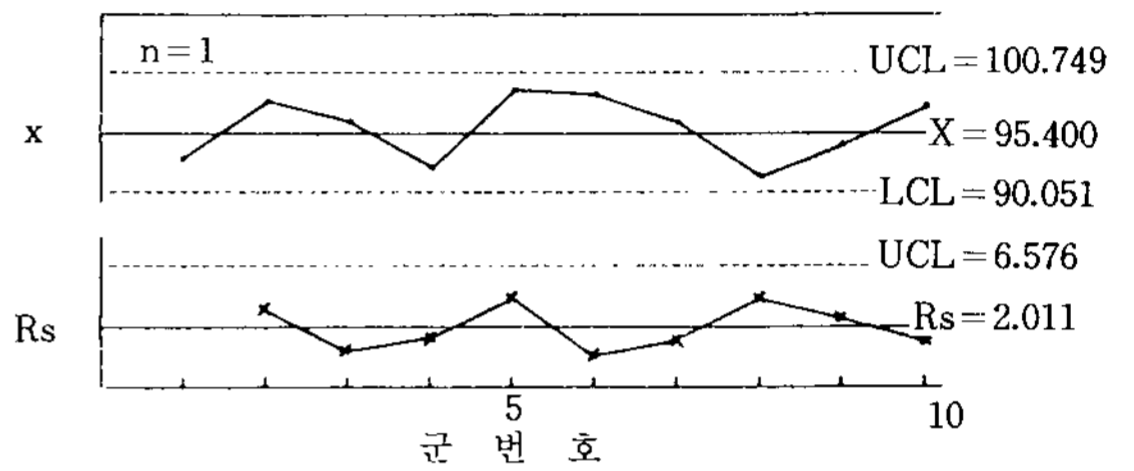


2-6-8. 신 MK10 표면안정도 관리도

번호	일 시	측정치(X)	이동범위(Rs)
1	10.18	94.4	
2	10.21	96.6	2.2
3	10.26	95.5	1.1
4	10.28	93.5	2.0
5	11.2	97.0	3.5
6	11.4	97.4	0.4
7	11.9	95.8	1.6

8	11.11	92.5	3.3
9	11.16	94.8	2.3
10	11.18	96.5	1.7
계		954.0	18.1
평균		95.400	2.011

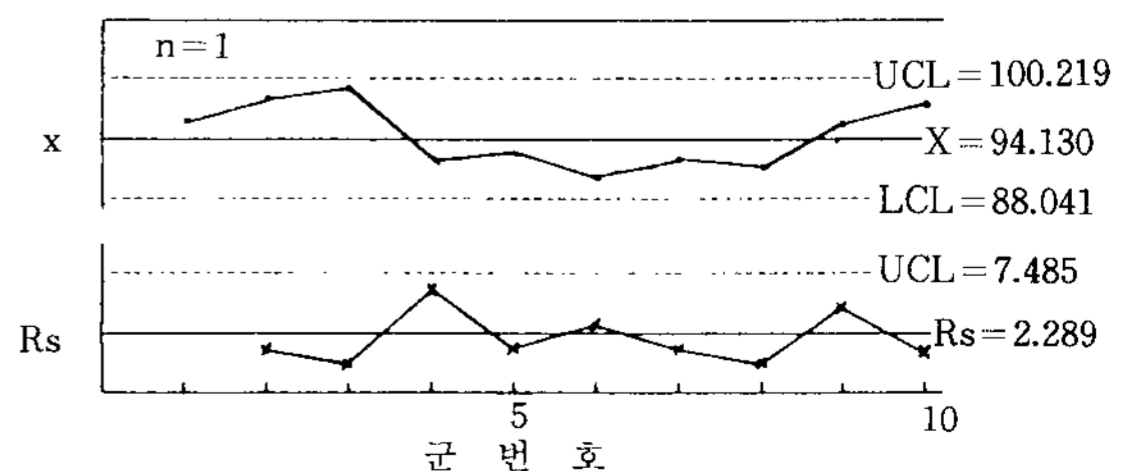
X 관리도 $\bar{X}=95.400$ Rs관리도 $\bar{R}_s=2.011$
 $UCL=\bar{X}+2.66 \bar{R}_s=100.749$ $UCL=3.27\bar{R}_s=6.576$
 $LCL=\bar{X}-2.66 \bar{R}_s=90.051$ $LCL=-$



2-6-9. 구 MK10 표면안정도 관리도

번호	일 시	측정치(X)	이동범위(Rs)
1	10.19	95.5	
2	10.25	97.5	2.0
3	10.27	98.3	0.8
4	11.1	92.0	6.3
5	11.3	93.5	1.5
6	11.8	90.5	3.0
7	11.10	92.3	1.8
8	11.15	91.5	0.8
9	11.17	94.3	2.8
10	11.19	95.9	1.6
계		941.3	20.6
평균		94.130	2.289

X 관리도 $\bar{X}=94.130$ Rs관리도 $\bar{R}_s=2.289$
 $UCL=\bar{X}+2.66 \bar{R}_s=100.219$ $UCL=3.27\bar{R}_s=7.485$
 $LCL=\bar{X}-2.66 \bar{R}_s=88.041$ $LCL=-$



3. 실험결과 및 고찰

3-1. 재생사의 특징

3-1-1. 산소비량

- ① 산 경화성 주형은 규사의 산 소비량이 주형의 경화 영향-산 소비량 측정(그림 3)
- ② 2회 반복 사용의 산 소비량은 급격히 감소 그 이후에서는 거의 무변화.
- ③ C사 천연 6호는 신사에서 산 소비량은 대단히 많지만 이것은 표 2에서도 알수 있듯이 화학 조성중 CaO, MgO의 다량 함유량 사료(표 2)

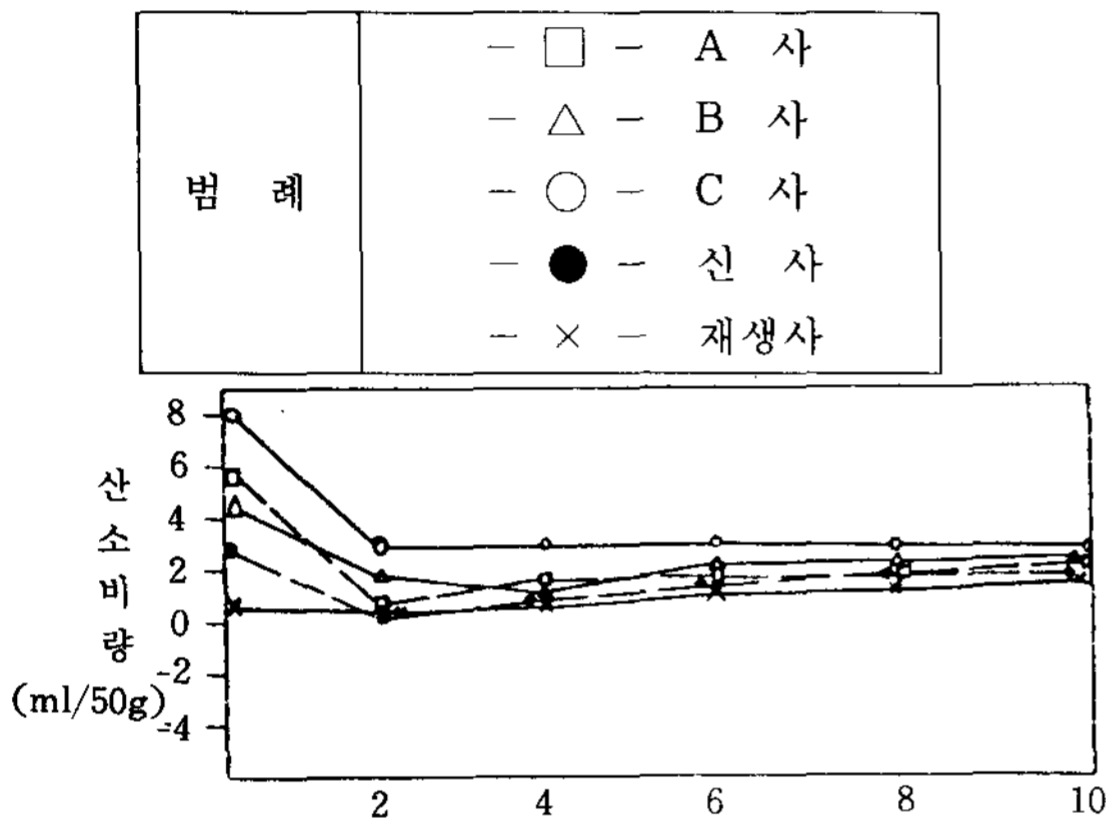


그림 3. 반복사용회수와 산 소비량의 관계

2회 반복 사용시 변화 감소

3-1-2. 강열감량 및 GAS 발생량

- ① 반복 사용회수와 강열 감량과의 관계를 그림 4에 나타냈다.
- ② 강열감량은 반복사용 회수 2회까지 증가가 현저하다.

(첨가 수지 및 용탕의 열영향에 의하여 분해 재생시에 수지의 박리현상)-2회 이후에는 완만히 증가함

③ 강열감량과 gas 발생량과의 상관관계 계수는 0.936으로, 거의 직선적 관계

규사의 종류에는 무관계, 강열감량에서 gas 발생량을 추정 가능

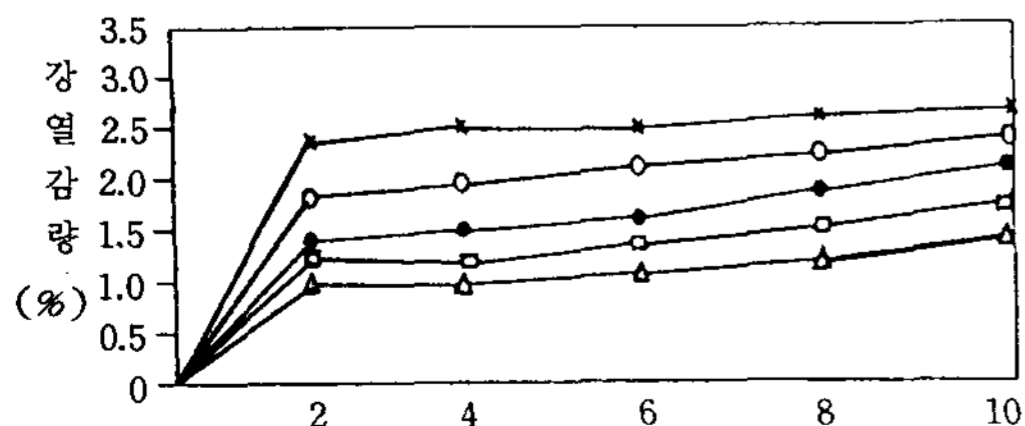


그림 4. 반복사용회수와 강열감량과 관계

3-1-3. 재생사의 입도 변화

- ① 규사의 반복 사용에 따른 입도변화 (그림 5 참조)
- ② 국산 천연규사 : 입도 분포의 무변화
인조규사 : 반복 사용 회수가 증가에 의한 세립화 변화
- ③ 3회 반복 사용시 세립화 현저화-규사 파쇄시 clack 및 복합 결정등의 세립화 용이 요인 사립 존재때문
- ④ 반복 회수 재생시 용탕의 열 영향 및 재생 충격으로 세립화 사료됨

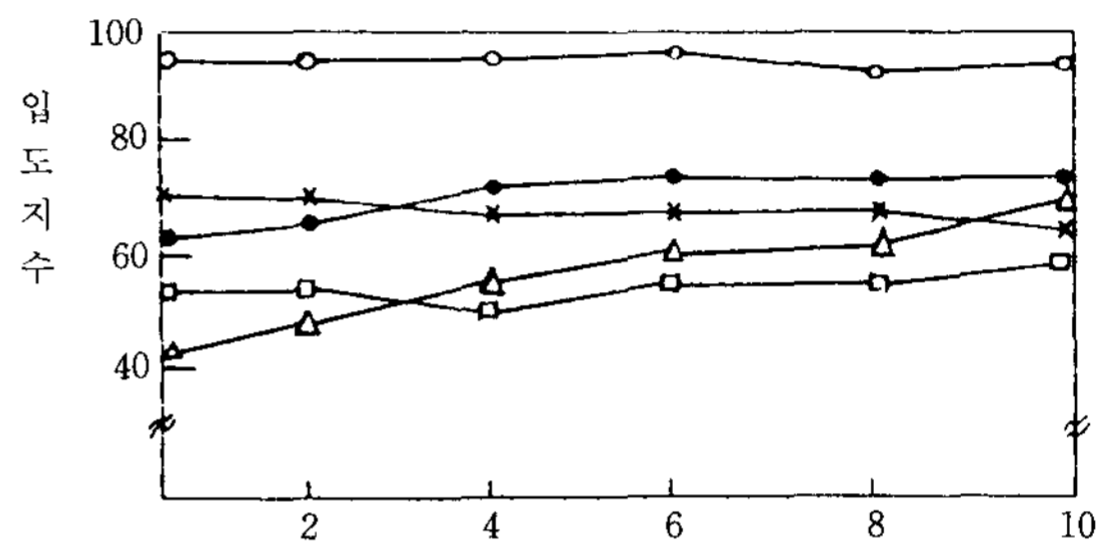


그림 5. 반복사용회수와 입도지수와 관계

3-2. 주형특성

3-2-1. 압축 강도

- ① 반복 사용한 재생사(5종류) 이용 압축 강도 변화조사(그림 6)
- ② 규사의 반복 사용 회수가 증가에 따라 압축 강도도 증가

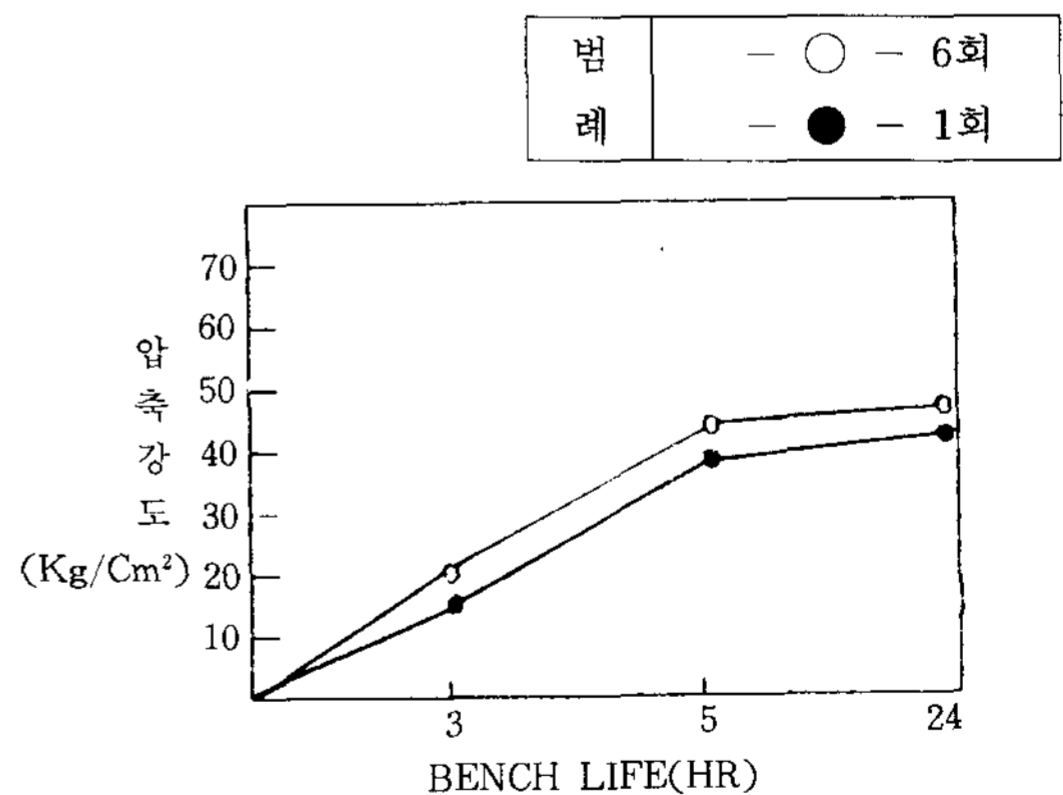


그림 6. A사

특히, 그림 7의 B 인조규사와 C 천연규사의 압축 강도 상승이 현저하고 B 인조규사는 신사에서 높은 압축 강도는 얻을수 없지만, 반복 사용되어지면 수지가 사립의 오목부위에 채워진다가나 재생

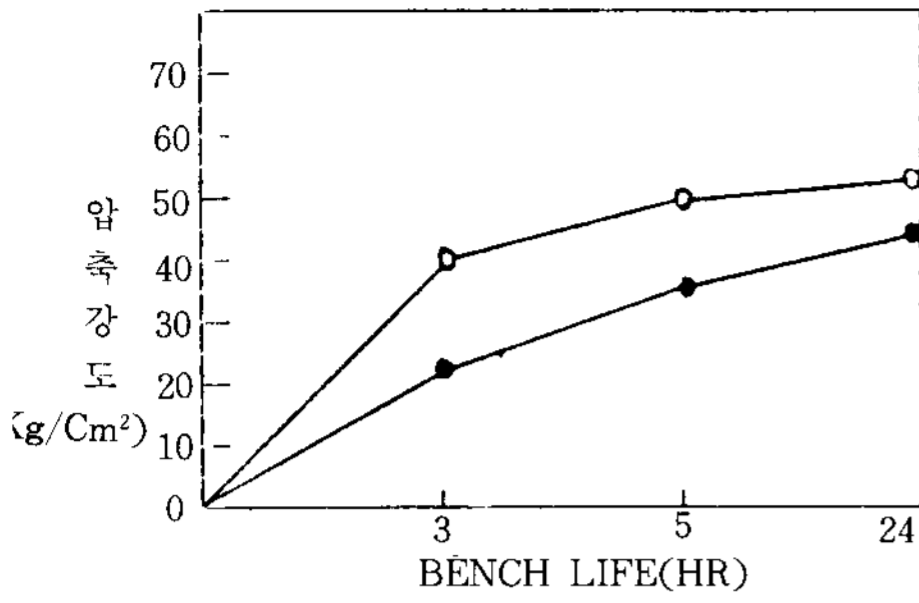


그림 7. B 사

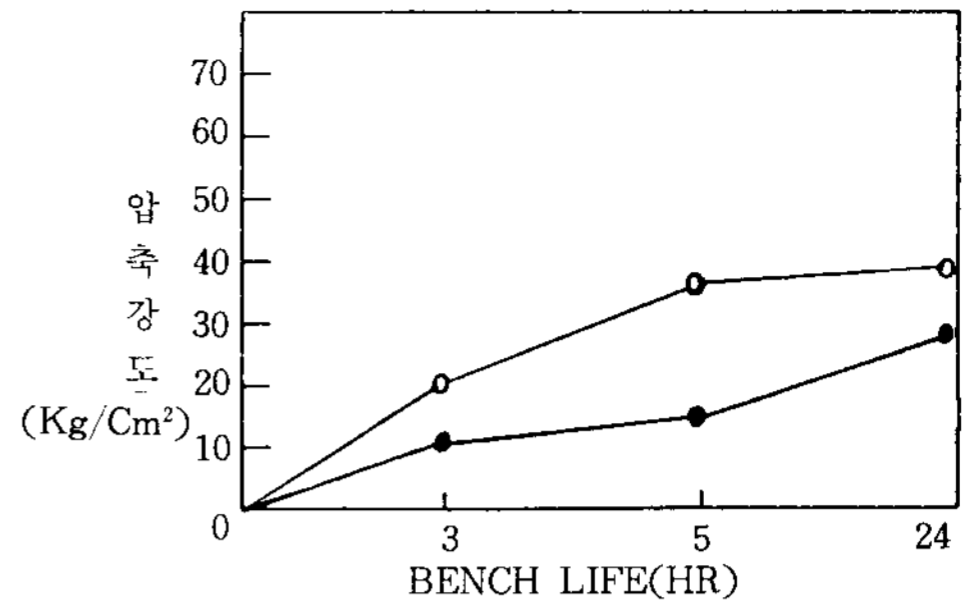


그림 8. C 사

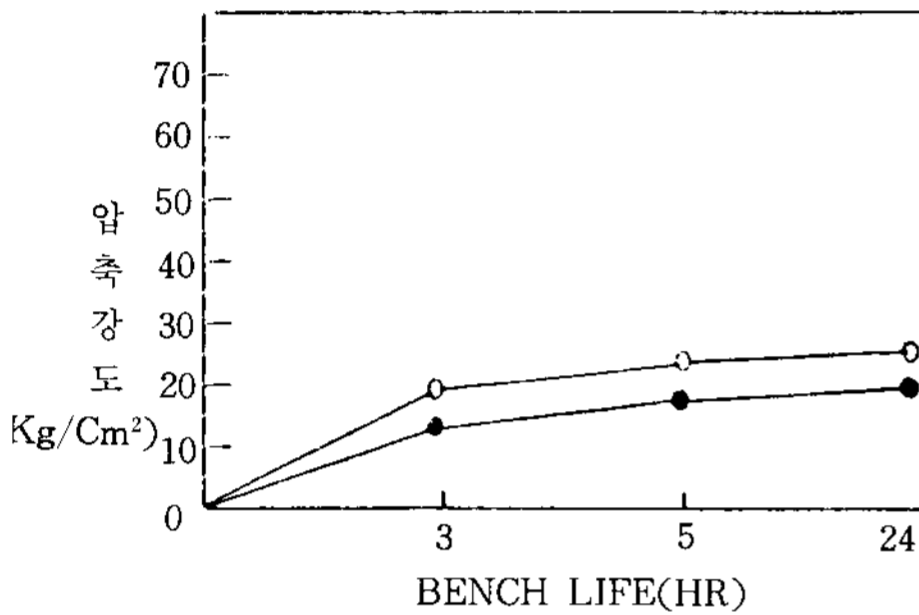


그림 9. 신 사

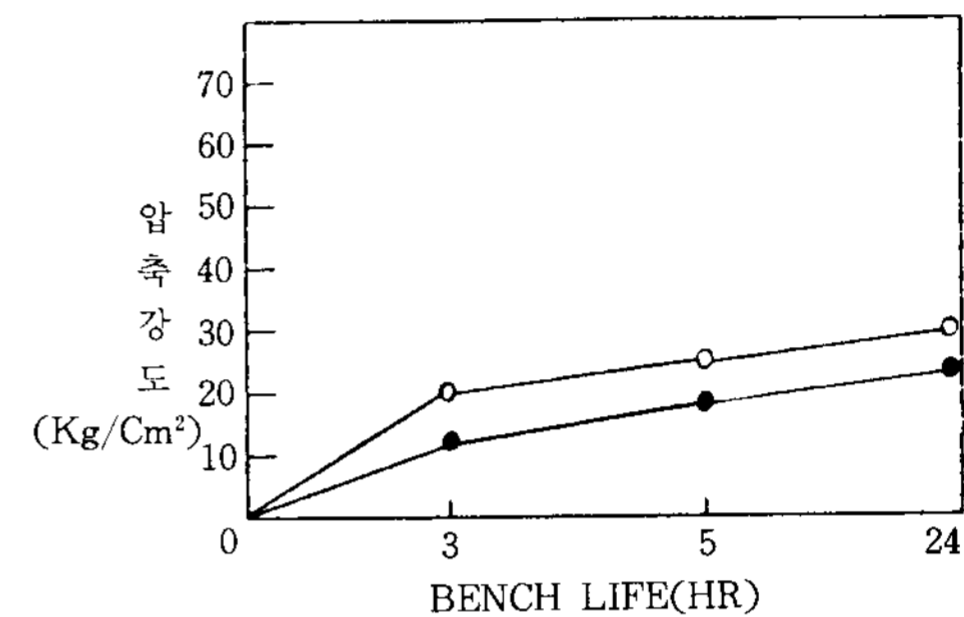


그림 10. 재생사

시 서로 마찰되어서 각 부분이 없어지고 입형이 양호하게 되기 때문에 높은 강도가 얻어진다.

C 천연규사의 경우 신사에서 산 소비량이 많기 때문에 경화가 늦어지고, 반복 사용하면 2배이상의 압축강도가 얻어졌다.

또 그림 10의 재생사와 같이 입형이 양호한 규사

수가 증가하면 거의 일정한 값을 유지하는 한편 신사에서 값이 낮은 B 인조 규사 5호와 C 천연 6호는 2회 반복 사용하면 현저한 상승을 나타내고, 그후에는 거의 변하지 않는다.

III. 결 론

Furan 주형에서 반복 사용한 모래의 특성에 대해 실험한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 강열감량은 반복 사용 횟수가 증가함에 따라 증가한다. 또 gas 발생량도 같은 경향을 나타내고, 강열감량과 gas 발생량의 상관 관계는 높으며, 강열감량을 측정하면 gas 발생량은 거의 추정된다.

2) 재생사는 반복 사용함에 따라서 세립화 되기 쉬운 규사와 조금씩 조립화되는 규사가 있다.

3) 주형의 압축강도는 반복 사용함에 따라 높아지고, 조형후 5Hr이상이 지나면 주형의 상온 압축강도는 20kg/cm²이 되며 또 신사에서 압축강도가 낮은 규사는 2회 반복 사용하면 높다.

4) 표면안정도는 반복 사용함에 따라 상승하며 대체로 표면안정도는 90%이상이다.

5) '88년 상반기 gas로 인한 주조불량을 1.5wt%에서 '89년 상반기 gas로 인한 주조불량을 1.1wt%로 0.4% 감소

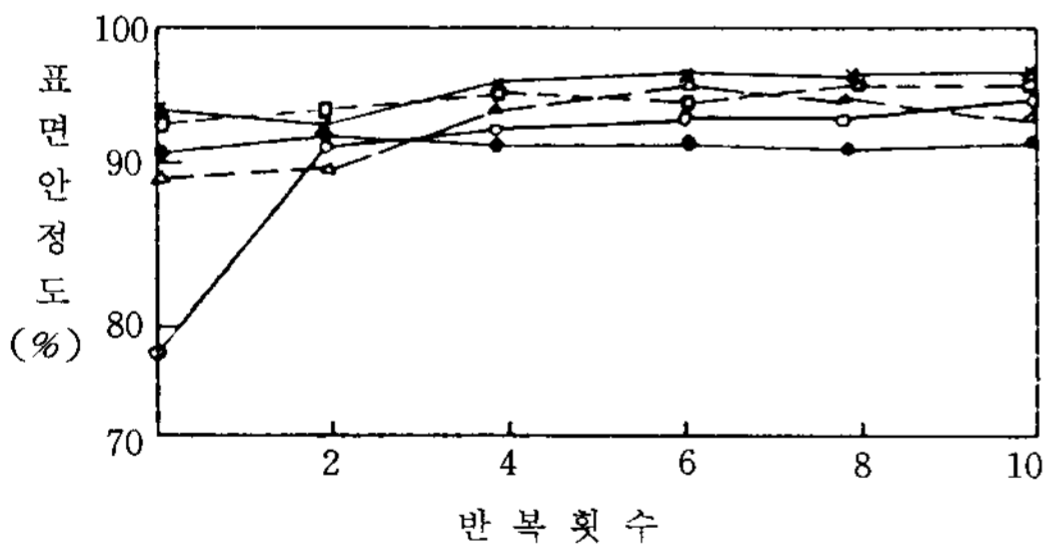


그림 11. 반복횟수와 표면안정도의 관계

는 압축강도가 높고 반복 사용해도 조금 올라가며 급격한 상승은 없다. 일반적으로 재생사의 압축강도는 신사보다 높은것은 입형이 개선되기 때문인 것으로 사료된다.

3-2-2. 표면 안정도

그림 11에서 각 규사의 반복 횟수와 조형에서 5시간 후의 표면 안정도와 관계를 나타냈다. A사 천연 5호는 사의 표면안정도가 높고, 반복 사용횟

참 고 문 헌

1. 주조기술 보급 협회 : JACT 기술 자료, JACT 시험법 S-4
2. 五味 : 주물 NOTE, 29(1976), 11, 26
3. 久恒, 河野 : 주물사 처리(일간 공업 신문사) 1973. 121
4. 浜 住 : 주물사의 주형 재료(일간 공업 신문사) 1960. 69
5. 寺嶋一彦, 野村宏之 : 주물 58(1986) 1호
6. 주물 편람 : 일본 주물 협회 4판(1986)
7. 김수영, 양훈영 : 금속 재료학, 문운당(1975)
8. 양훈영, 임병익, 박용진 : 철강 제련, 탐 출판사 (1981)
9. 영희택, 이계완 : 주조 공학, 문운당(1984)
10. H. Md. Roshan : Foundry Trade Journal, 103 (1975) 333
11. H. W. Dietert Etal : AFS Trans., 27(1963), 394
12. AFS : Mold and Core Test Handbook, 1ED., (1978) 8-10
13. Qo Chemicals, INC. : The causes and prevention of casting defects associated with the furan no-bake process, bulletin No. 177
14. Qo Chemicals Division : Principles of recala-iming furan bonded sands, manual E 176.
15. 吉田謙藏, 笹川端夫 : 주물 제46권 2호, 144, 153

◇ 表 紙 說 明 ◇

— 乙卯銘靑銅壺杆 —

新羅 5세기, 慶州路西洞 壺杆塚 출토
 高19.4cm · 腹徑24cm · 底徑15cm, 국립중앙박물관

뚜껑이 있는靑銅합으로, 뚜껑은 頂部에 10瓣花形의 鈕座에 球形꼭지를 달았으며 그 주위에 凸帶를 1條, 3條, 3條씩 돌렸다. 합身도 역시 凸帶에 의하여 장식되어 있는데 口緣端에 1條 그 아래 각 3條씩 두 군데를 돌렸다. 바닥 바깥면은얇은 굽으로 둘러져 있으며 합身 外底面에는 陽鑄된 「乙卯年國岡上廣開土地好太王壺杆十」이라는 4행 16자의 명문이 있다. 여기에 나오는 乙卯年은 好太王(廣開土王)死後 3년인 長壽王 3年(415년)에 해당되며, 명문의 字體는 廣開土王碑에서 보여주는 바로 그 雄健한 漢隸體이다. 이로 보아 이 청동합은 광개토왕을 기념하기 위하여 高句麗에서 만들어진 것이 분명하다. 이 청동합이 어떤 연유로 新羅에 들어와 古墳의 副葬品이 되었는지는 알 수 없으나 신라 영토 안에서 발견된, 연대가 확실한 高句麗 공예품으로서 매우 귀중한 유물이다.