

고개와의 보존을 위한 연구 (古蓋瓦의 保存을 위한 研究)

이 용 희*
김 병 호*
김 창 석*¹⁾

目 次

I. 서 론	(古蓋瓦의 合成樹脂 含浸處置試驗)
1. 훈와(煇瓦)의 재래식 제조법	1. 시험재료 2. 시험방법 3. 시험결과
2. 기와의 동결노화(凍結劣化)	III. 고 찰
II. 고기와의 합성수지 함침처리 시험	IV. 결 론

I. 서 론

기와는 건조물의 주체부를 비, 바람으로부터 보호하는 역할을 담당한 지붕의 구성 재료로서 중국을 중심으로한 아세아 지역에서 가장 많이 발달 되어왔다. 우리나라에서는 한반도의 북반을 낙랑군 등 한4군이 점하고 있던 B.C 1~2세기 경에 기와의 제조기술이 전파되면서 한식기와가 건조물의 지붕재료로 사용되게 되었다. 삼국시대에 이르러서는 각각 독자적인 기와가 발달하기 시작하여 점차 한국고유의 형태를 갖춘 기와가 만들어 졌으며 불교의 영향을 받아 연화문(蓮花紋)을 비롯한 갖가지 무늬들이 기와에 표현되었다. 통일신라시대에는 중국의 당(唐)으로부터 우수한 문화예술이 수입되고 기와의 제조기술도 비약적으로 발전되어 독창적이며 섬세, 미려한 기와들이 양산되었고 기와의 종류도 막새, 내림새, 귀면, 치미 등으로 매우 다양해졌다. 고려시대에는 특수기와로 추녀마루에 얹히는 잠상이 처음으로 나타났고 청자기와가 만들어져 의종(의종) 11년(서기 1,157년)에는 양이정(養怡亭)지붕에 실제로 사용되기도 하였다고 한다. 그러나 고려말엽에 들어서면서 기와무늬의 정교함이 결여되고 조법(彫法)이 형식화하는 경향이 나타났으며 조선시대에 와서는 건물의 수요가 많아지고 기와사용을 장려함에 따라 기와지붕이 성행하였으나 무늬에 중점을 두지 않고 양산과 제조기법의 개량에만 중점을 두게 되므로서 기와의 외양이 조잡해졌다.

기와는 그 형상에 따라 암키와, 암막새, 수키와, 수막새, 귀면와, 치미, 서까래기와로 분류할수 있으며 시유(施釉)를 기준으로 하면 가열소성의 최종단계에서 청솔가지등을 불완전 연소시켜 그 그을음을 기와표면에 흡착시킨 훈와(煇瓦)와 소성이 끝날 무렵에

*문화재 연구소 보존과학 연구실

가마내에 식염을 투입하여 기와표면에 흑갈색의 규산소다 층을 생성시킨 식염유와(食鹽釉瓦). 기와표면에 유약을 입혀 적색 또는 청색, 황색 등의 경질 유리층을 형성한 유약와(釉藥瓦)로 구분된다. 이 중에서 혼와는 비교적 제조공정이 간단하고 내구성이 있으면서도 은은한 은회색(銀灰色)의 광택을 지니고 있어 예로부터 궁궐, 사찰, 향교 등 목조건물의 지붕재료로 가장 널리 사용되었다.

1. 혼와의 재래식 제조법

전통적 기법에 의한 혼와의 제조는 일반적으로 다음과 같은 공정을 거치게 된다. 원료점토의 채굴, 풍화→배토, 혼련→판짓기, 성형→건조→소성, 혼화→선별

1-1. 채굴 풍화

기와의 제조 원료로 사용되는 점토는 점성이 양호하고 저온에서 소결이 잘되는 비교적 저급의 점토로서 입수가 용이한 기와가마 부근의 야산이나 밭에서 1~2m의 표토층을 제거하고 채굴한다. 채굴된 점토는 반년 이상 풍화시켜 점토층의 덩어리, 유기물, 초목뿌리 등이 분해 분리되도록 하고 알칼리성분을 제거한다.

1-2. 배토 혼련

원료점토에 적당량의 물을 가하여 인력으로 혼련하고 24시간 정도 숙성시킨다. 이때 점토의 점조도와 가소성을 조절하기 위하여 규사, 마사토, 장식 등의 조립을 혼입하기도 한다.

1-3. 판짓기, 성형

숙성된 점토를 정방형(길이 1.2m~1.5m, 너비 27cm~39cm, 높이 90cm)으로 쌓아올리고 절단 철선으로 기와의 크기와 두께에 따라 얇게 오려내어서 성형틀에 감아 성형한다. 기와의 형틀을 모골이라고 하며 암키와는 한틀에 4장이 감기게 되고 수키와는 2장을 감아 성형한다. 암키와의 형틀은 얇은 나무판을 첻바퀴 모양으로 둥글게 휘어 만들고 형틀과 기와의 분리가 용이하도록 밀부분의 지름을 위쪽보다 6~10mm정도 크게한다. 수키와의 골은 통나무로 내부틀과 언강의 외형틀을 만들고 이 역시 밀부분의 지름을 위쪽보다 6~10mm정도 크게한다. 기와의 성형은 우선 먼저 모골을 물레위에 수직으로 올려놓고 젖은 삼베를 느슨하게 감거나 삼베자루 썬다음 절단된 점토판을 둘러 감고 남는부분은 잘라 버린다. 이때 맞댄면은 밀실하게 다져 결합시키고 수키와를 위는 언강의 외형틀을 맞대어 눌러서 성형한다. 이와같이 성형이 완료되면 표면을 방망이로 두들겨 밀실하게 하고 예새(木刀), 쇠주걱 밀기를 하여 표면 마무리를 치밀하게 한다.

그 후 표면에 물기가 가시는 시기를 보아 등무늬 바디로 두들겨 무늬를 돌운 후 4등분 또는 2등분하는 금을 기와 두께의 1/2깊이로 긋고 못구멍과 기타 마무리 손질을 한다.

1-4. 건조

성형이 완료된 기와는 삼베 형겅과 함께 형틀에서 분리하여 잔판(棧板)에 옮겨놓고 음지에서 건조시킨다. 어느정도 건조가 진행된 후 암키와는 4등분 수키와는 2등분하여 지면에 세워 놓거나 시렁 건조대에 걸쳐 1주일간 음지에서 자연 건조하고 손으로 움직일 수 있을 정도의 건조강도가 되면 모서리 절단부의 제거라든가 또는 표면의 균열부를

뭉은 점토로 문질러 정형한다. 다시 3일간 음지에서 건조한 다음 태양의 직사광 하에서 2일정도 걸쳐 건조를 끝낸다.

1-5. 소성(燒成), 훈화(燻化)

건조된 미소성 기와를 두꺼비 가마내에 2,000~3,000장 정도를 장입하고 강한 환원분 위기로 120℃에서부터 시작하여 900℃에 이르기까지 24시간 정도 걸쳐 가열한다.

이때 가마내부의 온도변화는 가열에 소요된 시간과 연료의 투입량, 불꽃의 색상 등을 고려하여 경험적으로 판단한다.

그 후 가마의 온도가 소성온도(900℃ 이상)에 도달하면 훈화를 하게된다. 훈화란 기와 소지 표면에 흑연상의 탄소피막을 형성시키는 것으로 다량의 연료를 한꺼번에 연소실에 투입하고 화구를 차단하여 연료에서 나오는 건류물인 탄화수소를 기와 표면에서 기상분해시켜 탄소가 흡착되도록 한다.

훈화를 위하여 연료를 투입한 직후에는 가마 윗부분에 적은 구멍을 몇 개 뚫어 놓았다가 1~2시간이 지나서 가마내의 압력이 내려가면 가마전체를 완전히 밀폐하고 10시간 동안 그 상태로 방치하여 냉각(자연냉각)한후 가마의 온도가 350℃~450℃ 정도까지 냉각되면 가마를 열기 시작한다. 이때 가마안의 온도가 상당히 높는데 무리하게 가마를 열게되면 외기가 들어가 훈화된 표면의 은회색이 산화에 의하여 소실되게 되므로 가마를 서서히 개방하여야 한다. 이와같은 과정으로 제조된 훈화는 표면의 평활정도, 형상의 양호여부, 결점의 유무 또는 광택의 상태 등 시각에 의한 것과 청각에 의한 타음(打音) 등의 방법으로 그 성상을 판별한다.

1-6. 소성에 따른 점토의 변화

소성과정에서 기와 소지점토의 물리, 화학적 변화는 그림 1에 나타난 것과 같이 소성 초기에는 점토에 결합된 수분이 기계적으로 탈수되고, 그후 가마내부의 온도가 상승함에 따라 화학적 탈수와 산화, 열분해가 되면서 탄산염으로부터 탄산가스가, 황화물로부터 아황산가스가 발생되면서 산화물로 소결된다. 또 결정수의 탈수는 카오린(고령토) 광물은 600℃, 수산화철은 300℃, 수산화칼슘과 마그네슘은 500℃, 350℃부근에서 이루어진다.

석영의 가열에서는 600℃부근에서 $\alpha \rightarrow \beta$ 전이가 일어나고 이 경우 1.35% 정도 체적이 팽창되며 이것은 냉각 과정에서도 가역적으로 일어나는 현상이다. 또한 소성의 가열과정에서 이산화규소가 생성되어 있으며 냉각과정의 200℃부근, 인규석이 생성되어 있으면 170℃부근에서 이들의 전이에 의한 체적감소가 나타난다.

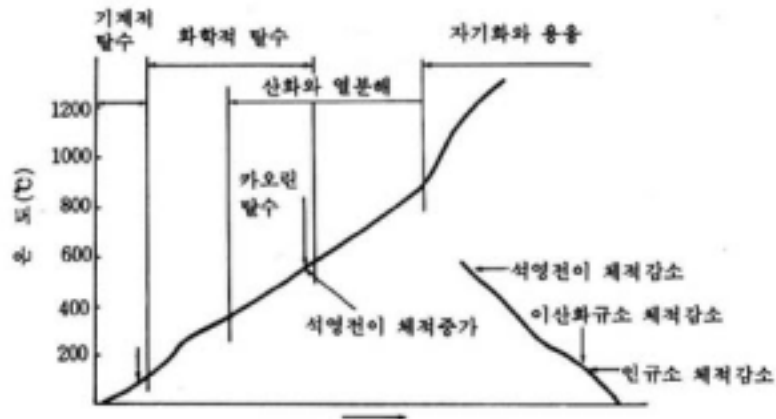


그림 1. 점토의 가열변화

그림1. 점토의 가열변화

2. 기와의 동결노화(凍結劣化)

기와는 여러 가지 자연환경적 요인들에 의하여 풍화 또는 노화될수 있는 것이지만 우리나라와 같이 동절기(冬節期)중의 기온이 빙점이하로 강하되고 삼한, 사온의 계절적 특성을 지니는 기후조건 하에서는 동결파손이 가장 중요한 기와의 노화 원인이 된다.

기와의 동결파손은 기와소지 기공내에 침투된 수분이 결빙될 때 체적이 약 9% 정도 팽창하게 되고, 그 압력에 의하여 기와 소지가 기계적으로 파괴되는 현상으로 기와소지(素地)내의 수분이 동결과 융해를 반복하게 되면 기와소지의 파괴는 더욱더 빠르게 진행된다.

또한 기와가 지붕에 이어져 있는 상태에서는 기와의 상부면은 빙점이하의 외기에 노출되지만 기와의 하부면은 실내기온의 영향으로 빙점이상의 온도를 유지하게 된다. 이 경우 기와 두께의 중간정도까지는 결빙에 의한 팽창압을 받게 되지만 그 하반부는 결빙되지 않기 때문에 응력의 불균형으로 격임 모멘트(moment)를 받게되어 기와소지는 쉽게 파괴되고 만다.

이와같은 동결파손 현상은 기와의 제조시 혼련과 성형에 결함이 있어서 기와소지가 불균질하거나 소성온도의 미달로 소결이 불완전한 기와에서 주로 발생되며 고기와의 경우에 있어서는 오랜세월동안의 풍화작용으로 기와표면의 침탄층(혼화처리로 형성된 탄소피막)이 손상되어 기와의 흡수성이 증대되었고 소지 입자간의 응집력도 약화된 상태이기 때문에 동파현상의 발생빈도는 더욱 높아지며 결국 이것은 기와의 노화와 이에 따른 누수발생의 중요한 원인이 된다.

II. 고기와와의 합성수지 함침처리 시험 (古蓋瓦의 合成樹脂 含浸處置 試驗)

고건축물의 지붕에 이어져있는 고기와에는 우리 선조들의 종교적 열성에서 비롯된 정성이 담겨져 있고 그 기와가 속한 건물의 건립연대와 중창(重棚), 보수시기 등을 조사 연구함에 있어서 없어서는 안될 다수의 역사적 자료들이 명문이나 문양의 형태로 남아 있는 경우가 많다. 그것은 기와를 단순히 소모성 건축부재로만 볼 수 없는 이유가 된다. 때문에 고기와는 비록 충분한 예술성과 유일성을 지니지 못하여 단일 문화재로서의 가치를 인정받기 어려운 것이라 할 지라도 상업성만이 지나치게 강조된 현대의 기와와 동일하게 취급될 수 없으며 고건축물을 보존함에 있어서는 그것의 본구조물과 일체(一體)로 보존되어야 한다.

그러나 기와 역시 그 수명에 있어서는 한계가 있는 것이고 또 기와가 노화되어 누수가 발생하게 되면 건물 내, 외부의 가구재료들이 상하게 되기 때문에 실제 고건축물의 보수 공사에서는 이들 고기와의 대부분을 새기와로 교체하게 된다. 물론 이경우에 노화된 기존의 고기와를 가능한한 건물의 지붕재료로 다시 사용한다면 고기와의 교체폐기로 인한 건물의 문화재적 가치손실을 어느정도 방지할 수 있겠지만 이를 위하여는 노화된 고기와를 강화재생하여 재사용에 견딜 수 있는 물성을 부여하는 것이 필요하다. 그 방안의 하나로서 합성수지 함침처리법이 연구되었으며 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다.

본 시험은 현재 잔존하는 고기와들 중에서 이조후기에 제조된 재래식 혼와를 대상으로 하였으며 최근의 변화공사에서 교체된 기와를 시험재료로 사용하였다.

1. 시험재료(기와, 합성수지)

시험에 사용된 기와는 4종으로 소와 규격의 암기와를 가로, 세로로 절단(4등분)하여 시편을 제작하였다.

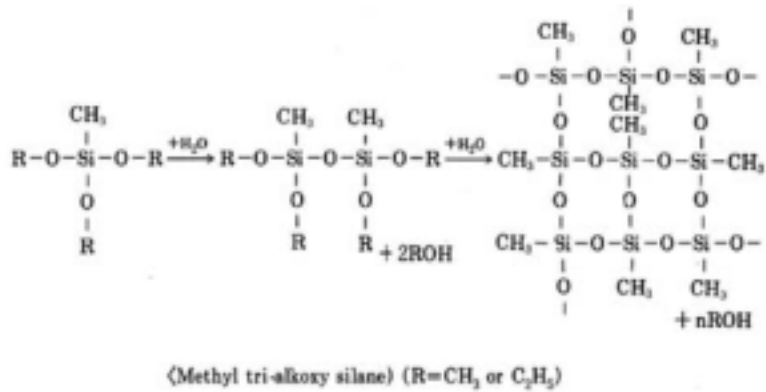
- 경북궁 고기와 분류기호 K
- 창덕궁 고기와 분류기호 C
- 창경궁 구기와(1965년제조) 분류기호 L
- 현대기와 (1985년제조) 분류기호 N

1-2. 합침 강화 처리용 수지

기와의 합침 강화 처리에는 4종의 발수제 또는 발수성 강화제와 1종의 아크릴계 합성수지가 사용되었다.

1) SS-101

SS-101은 메틸트리에톡시실란(Methyl tri-ethoxy silane)의 반중합체로서 점도가 매우 낮아 침투력이 높고 석재나 기와 등에 극히 우수한 발수성을 부여하는 동시에 약화된 입자간 응집력을 강화시켜준다.



(Methyl tri-alkoxy silane) (R=CH₃ or C₂H₅)

2) D.W.R

D.W.R의 주요성분은 오르가노-폴리실록산(Organo poly siloxane)이며 기와와 같은 다공질 재료의 기공을 폐쇄하지 않고 매우 높은 발수성을 부여한다. 다만 SS-101보다는 입자간 응집력 보강효과와 침투성이 떨어진다.

3) C.T.C(Canyon tone clear)

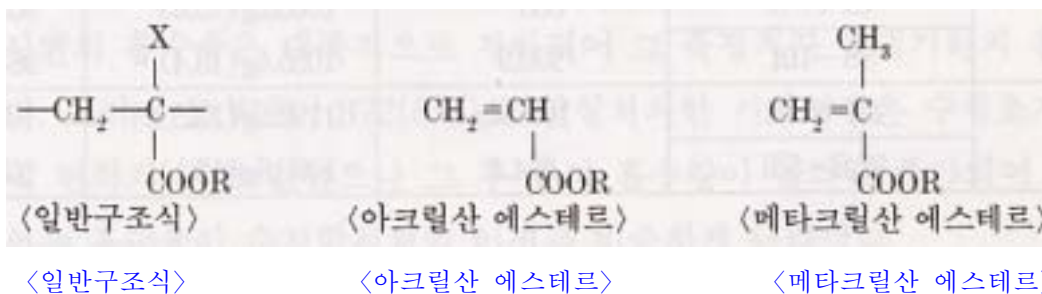
C.T.C는 합성 아크릴릭 계통의 발수성장화제로서 무기질 재료의 입자간 응집력 강화 효과가 우수하며 일반 아크릴 계통의 합성 수지와는 달리 처리후 피막을 형성하지 않아 다공질 재료의 통기성이 유지되고 자외선에 강하여 황화현상이 나타나지 않는다.

4) W.S-501

W.S-501은 폴리옥소 알루미늄의 스테아린산염(Poly-oxo aluminum stearate)으로 (O=A1-x)_n의 식으로 표시되며 실리콘(silicones)을 기초로 하지않으면서도 석재 또는 기와 등의 무기질 재료에 극히 높은 발수성을 부여한다.

5)파라로이드-B72

아크릴계 합성수지로서 접착성과 공극충진성이 우수하지만 처리후 피막을 형성하고 고농도로 사용할 경우 무기질재료의 색상이 짙어지는 경향이 있다.



2. 시험방법

2-1. 흡수율 측정

1) 함침처치전 흡수율 측정

기와 시편을 105℃의 건조기내에서 24시간 동안 건조한후 실온까지 냉각하여 중량을 (W_d)을 측정하고 곧 바로 상온의 물속에 침적시킨다. 그후 일정시간(1시간, 4시간, 1일, 2일)이 경과할 때마다 중량(W_w)측정하여 건조시 중량에 대한 증가율을 산출하고 그것을 흡수율로 하였다. <사진1>

$$A = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100$$

A : 흡수율(%)
 W_d : 건조시 중량(g)
 W_w : 흡수시 중량(g)

2) 수지 함침 처치

흡수율 측정이 종료된 시편을 60℃ 건조기 내에서 1주일간 건조하고 다시 105℃에서 24시간 건조한 후 실온까지 냉각하여 준비된 각각의 수지용액 [SS-101, D.W.R, D.W.R+B72(5%), D.W.R+B72(8%), C.T.C, WS-501] 에 침적시켰다. 24시간이 경과된 후 시편을 수지용액에서 꺼내어 실온에서 1주일간 풍건하고 건조를 촉진시키기 위하여 60℃ 건조기 내에서 3일간 건조한 후 최종적으로 중량을 측정하였다.

3) 수지 함침처치후 흡수율 측정

각각의 합성수지로 함침처리한 기와시편에 대하여 1)에서와 동일한 방법으로 흡수율을 측정하고 1)의 흡수율 측정 결과와 비교하였다.

도표-1. 수지 함침 처리후 수지잔존율

기와시편 분류기호	함침에 사용된 수지	처리전 중량	처리후 중량 (수지용액잔존율)	건조후 중량 (수지고형분잔존율)
K	D. W. R	825.2g	966.3g(17.1%)	860g(4.21%)
	D.W.R+B72(5%)	800	928 g(16.0)	829g(3.62)
	D.W.R+B72(8%)	730	852.6g(16.8)	752g(3.01)
C	D. W. R	819.8g	930.5g(13.5%)	846.6g(3.26%)
	C. T. C	883	1003.2g(13.6)	905.5g(2.55)
	SS-101	930.9	1055.6g(13.4)	963.7g(3.52)
L	D. W. R	1050.4g	1192.5g(13.5%)	1085g(3.29%)
	WS-501	964.4	1090.8g(13.1)	1025.2g(6.30)

도표-1. 수지 함침 처리후 수지잔존율

2-2. 노화촉진(劣化促進)시험

1) 자비(煮沸) 건조(乾燥)→한열(寒熱) 반복시험

기와시편을 끓는물 속에 5시간 동안 침적한 후 105℃ 건조기 내에 18시간 동안 방치한다. 이 과정을 2회 반복한 다음 다시 2시간 동안 105℃ 건조기내에 방치한 후 -30℃

의 냉동기 내에 2시간 동안 방치하는 과정을 5회 반복한다. 이상의 자비건조-한열반복 시험이 종료되면 기와시편의 외관상 변화를 조사하고 흡수율을 측정하여 시험이전의 흡수율 기록치와 비교한다. <사진 2-1,2-2>

2) 동결융해(凍結融解) 시험

기와시편을 끓는 물 속에 4시간 동안 침적한 수 다시 24시간 동안 상온의 물속에 침적시켜 기와 소지 내부에 물이 충분히 흡수되도록 한다. 그 다음 시편을 물에서 꺼내어 즉시 폴리에틸렌 종이로 완전히 밀폐 포장한후 동결융해 시험기 내에서 +30℃(1hr) 1hr -30℃ 1hr +30(1hr)를 1주기로 하는 동결융해 과정을 60주기 반복한다. 이상의 동결융해시험이 종료되면 기와시편의 동결과손 상태를 조사하고 흡수율을 측정하여 시험 이전의 흡수율 측정치와 비교한다. <사진 3>

2-3. 항절강도

경복궁에서 수집된 고기와 1종을 선정하여 (길이)10cm×(폭)3cm×(높이)×2.5cm의 규격이 균일한 시편을 제작하여 각각의 합성수지[D.W.R,WS-501, D.W.R+B72(5%), D.W.R+B72(8%)]로 함침강화처치한후 다음의 조건으로 항절강도를 측정하였다.

시험기 : 만능강도시험기(U.T.M)

하중속도 : 0.5mm/min

스판의 너비 : 70mm

※시험조건 및 시편의 규격은 임의로 정하였음.

3. 시험 결과

3-1. 흡수율

1) 경복궁 고기와

도표2와 3, 그림 2-1, 2, 3에 나타난 것과 같이 D.W.R과 D.W.R+B72(5%)로 함침처치한 기와시편의 흡수율은 대폭적으로 저하되어 그 측정치가 현대기와의 흡수율보다 낮게 나타났다. 그러나 D.W.R+B72(8%)로 함침처치한 기와시편은 수침초기 4시간동안은 흡수율에 변화가 거의 없었으나 그 후 물의 흡수량이 급격히 증가되어 수침 최종일에 이르러서는 흡수율이 수지함침처치 이전과 비슷하게 나타났다.

—————> —————>

도표-2. 수지함침 처리전 흡수율

	수침시간(Immersion time in Water)			
	1hr	4hr	1day	2day
현대기와 Ne	5.34	7.36	7.47	7.69(%)
고기와 Kc	16.0	16.5	16.7	16.8

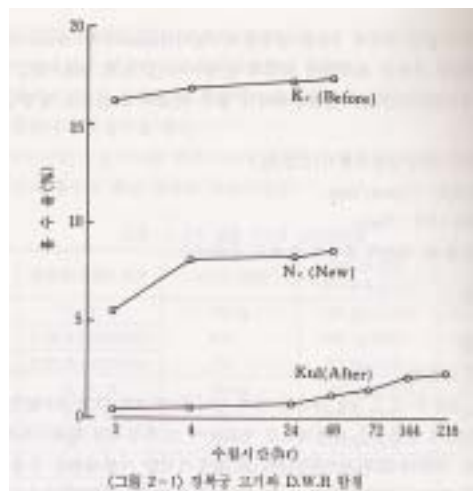
도표-2.수지함침 처리전 흡수율

—————>

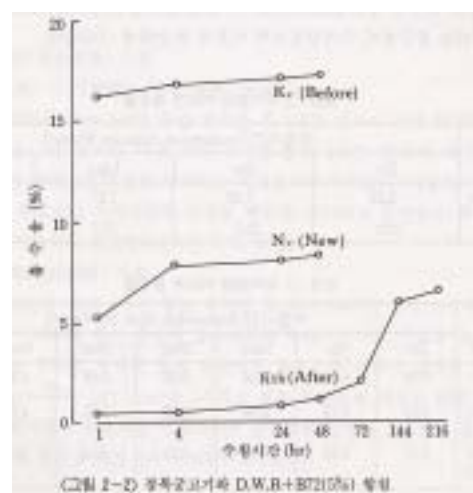
도표-3. 수지함침 처리후 흡수율

흡침에 사용된 수지	수침시간(Immersion time in Water)						
	1hr	4hr	1day	2day	3day	6day	7day
D. W. R (Ktd)	0.09	0.17	0.34	0.68	0.84	1.40	1.48(%)
D.W.R+B72 (Ktb) (5%)	0.13	0.15	0.38	0.68	1.35	4.50	4.83
D.W.R+B72 (Ktb') (8%)	0.11	0.16	6.43	8.41	10.4	14.7	15.4

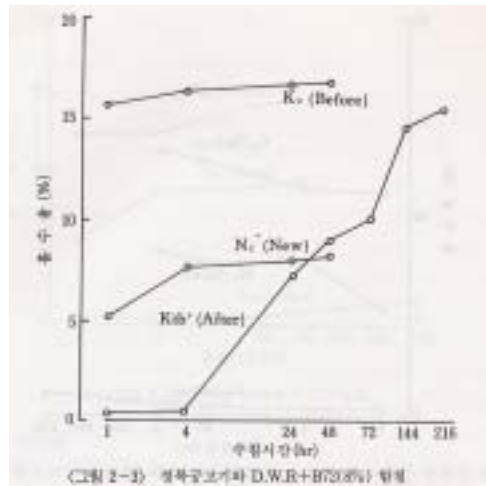
도표-3.수지함침 처리후 흡수율



<그림 2-1> 경북궁 고기와 D.W.R함침



<그림 2-2> 경북궁 고기와 D.W.R+B72(5%)함침



〈그림 2-3〉 경북궁 고기와 D.W.R+B72(8%)함침

2) 창덕궁 고기와

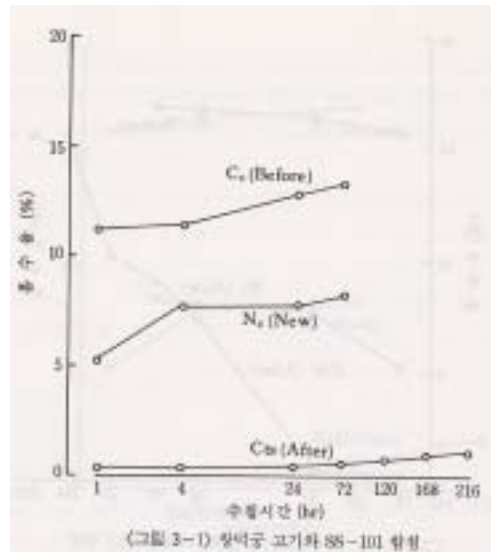
도표 4와 5 그림 3-1, 2, 3에서 나타난 것과 같은 SS-101, D.W.R, C.T.C로 함침처리한 기와시편들은 흡수율이 현저하게 저하되었다. 특히 C.T.C와 D.W.R로 처리한 시편의 경우 수침 초기 4시간으로 부터 수침 최종일에 이르기까지 물의 흡수량이 소폭으로 증가되어 이들 함침수지가 SS-101에 비하여 기와시편에 보다높은 발수성을 부여한다는 것을 알 수 있었다.

도표-4. 수지함침 처치전 흡수율				
	수침시간(Immersion time in Water)			
	1hr	4hr	1day	2day
현대기와 Nc	5.34	7.36	7.47	7.69(%)
고기와 Ce	12.5	12.6	13.7	13.9

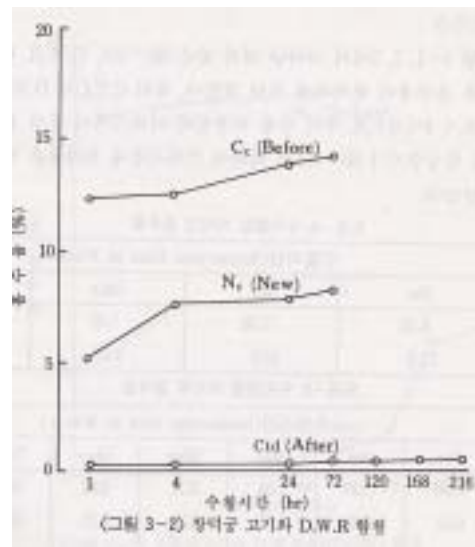
도표-5. 수지함침 처치후 흡수율							
함침에 사용된 수지	수침시간(Immersion time in Water)						
	1hr	4hr	1day	2day	5day	7day	9day
SS101(Cts)	0.06	0.06	1.04	2.71	3.82	5.05	5.73(%)
D.W.R(Ctd)	0.02	0.02	0.04	0.23	0.25	0.27	0.28
C.T.C(Ctc)	0.09	0.09	0.15	0.49	0.58	0.83	0.89

도표-4. 수지함침 처치전 흡수율

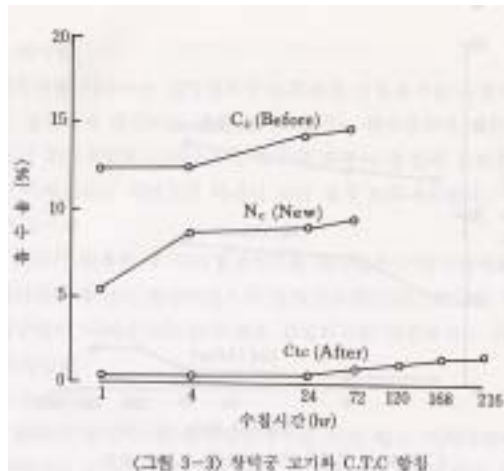
도표-5. 수지함침 처치후 흡수율



〈그림 3-1〉 창덕궁 고기와 SS-101 함침



〈그림 3-2〉 창덕궁 고기와 D.W.R 함침



〈그림 3-3〉 창덕궁 고기와 C.T.C 함침

3) 창경궁 구기와

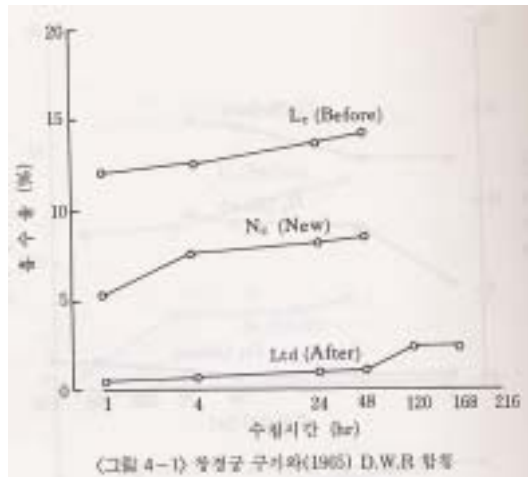
1965년도에 제조되어 창경궁 회랑 지붕위에 이어져 있던 기와들 중에서 외견상 상당히 노화된 것으로 보이는 기와만을 선별하여 시편으로 사용하였다. 도표 6과 7 그림 4-1, 2에 나타난 것과 같이 D.W.R과 W.S-5-1로 함침처리한 기와시편은 흡수율이 현저하게 저하되었으며 그 측정치는 현대기와의 흡수율을 크게 하회(下回)하고 있다.

	수침시간(Immersion time in Water)			
	1hr	4hr	1day	2day
현대기와 N _c	5.34	7.36	7.47	7.69(%)
구기와 L _c	12.08	12.45	13.0	13.32

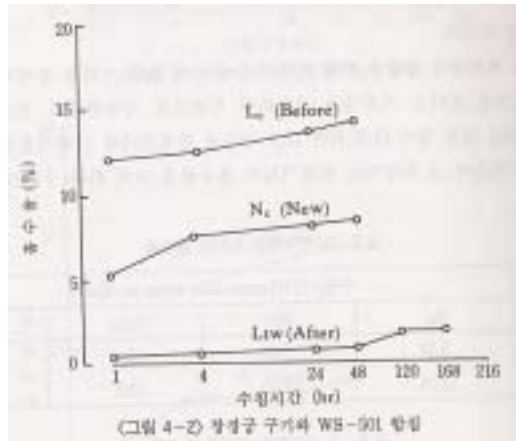
함침에 사용된 수지	수침시간(Immersion time in Water)						
	1hr	4hr	1day	2day	5day	7day	9day
D. W. R (Ltd)	0.12	0.26	0.45	0.55	1.28	-	-
W.S. 501 (Ltw)	0.05	0.07	0.27	0.29	0.74	-	-

도표-6. 수지함침 처리전 흡수율

도표-7. 수지함침 처리후 흡수율



〈그림 4-1〉 창경궁 구기와(1965) D.W.R 함침



〈그림 4-2〉 창경궁 구기와 WS-501 함침

3-2.노화촉진시험

1) 자비, 건조→한, 열 반복시험

시험결과 합성수지(D.W.R, SS-101, W.S-501, C.T.C...)로 함침처치한 어떤 기와시편에서도 외견상의 변화(변색, 균열)가 전혀 발생하지 않았으며 흡수율 역시 자비건조-한열반복시험 이전과 거의 비슷하게 측정되어 있다.

2)동결융해시험

동결 융해시험기를 이용하는 실험실적인 노화촉진 시험에서는 시험기기 내부의 공기가 빙점이 하로 급격하게 냉각되기 때문에 기와소지는 과도냉각에 따른 강한 충격을 받게되고 인위적인 온도조절로 기와소지에 흡수된 수분이 동결과 융해를 주기적으로 반복하게 되므로 기와소지는 자연 조건 하에서 보다 쉽게 노화파손된다.

1) 경북궁 고기와

동결융해를 60주기 반복한 후 수지함침처치를 하지 않은 기와시편에는 소지표면이 비늘모양으로 박락되는 현상이 발생하였으며 D.W.R+B72(5%, 8%)로 함침처치한 기와시편에는 총상균열이

나타났으나 D.W.R로 함침처치한 기판에서는 어떤 외견상의 변화도 발견되지 않았다.

2)창덕궁 고기와

동결융해를 60주기 반복한 후 수지함침처치를 하지 않은 기와시편에서 층상균열과 부분적인 박락현상이 나타났으며 D.W.R로 처리한 기와시편에서는 소지표면이 비늘모양으로 떨어져 나가는 현상이 발생되었으나 SS-101과 C.T.C로 함침처치한 기와시편에서는 외견상의 변화가 나타나지 않았다.

3)창경궁 구기와

동결융해를 60주기 반복한 후 수지함침처치를 하지 않은 기와시편은 층상균열과 박락이 심하게 발생되어 흡수율 재측정이 불가능한 상태이며 D.W.R로 함침처치한 기와시편에서는 국부적인 박락현상과 함께 미세한 균열이 발견되었고 W.S 501로 함침처치한 기와시편에서는 소지표면이 비늘모양으로 떨어져나가는 현상이 나타났으나 그 정도는 경미하다.

4)동결융해시험 후 흡수율 변화

동결융해를 60주기 반복한후 각 기와시편의 흡수율을 재측정하여 본 결과 수지함침처치를 하지 않은 기와시편과 D.W.R+B72(5%, 8%)로 함침처치한 기와시편은 2.5%~3% 정도의 흡수율 증가를 보였으며 D.W.R과 W.S-501로 함침처치한 기와시편의 흡수율은 1.2%~1.8% 그리고 SS-101과 C.T.C로 함침처치한 기와시편은 0.7% 정도가 각각 증가 되었다.

3-3. 항절강도측정

D.W.R과 W.S-501로 함침처치한 기와시편은 항절강도가 거의 증가되지 않았으나 D.W.R에 파라로이드 B72가 보강제로 첨가된 경우에는 기와시편의 항절강도가 40%~60% 증가 되었다.

도표-8. 함침처치 후 항절강도 변화

함침처치에 사용된 수지	함침전 항절강도 Kg/m ²	함침처치후 항절강도 Kg/cm ²
D. W. R	40.23	43.7(8.6%) ↑
W. S 501	44.6	43.6(2 %) ↓
D.W.R+B72(5%)	35.4	49.74(40%) ↑
D.W.R+B72(8%)	34.9	56.76(62%) ↑

도표-8. 함침처치 후 항절강도 변화

Ⅲ. 고찰

1. 흡수율

기와의 가장 중요한 노화 원인이 되는 동결파손은 물의 흡수에 수반하여 일어나는 현상이고 또 동결파손의 문제는 그것에 의해서 나타나는 기와의 흡수성 및 투수성 (기와상부로부터 흡수된 물이 기와 하부에서 침출되는 비율)의 증대가 주된 것이기 때문에 흡수율은 기와 물성의 지표가 되며 기와의 내구성도 흡수율과 관련지어져 있다고 볼 수 있다. 시험결과에 나타나있는 것과 같이 SS-101, D.W.R, C.T.C, W.S-501로 함침처치한 기와시편은 흡수율이 대폭적으로 저하되어 그 측정치가 특별히 선정된 현대기와의 흡수율 보다 현저히 낮게 나타났고 흡수속도 <흡수율-침적시

간> 도 극히 느려졌다. 특히 D.W.R과 W.S-501은 노화된 고기와의 매우 높은 발수성을 부여하는 것으로 나타났다.

2.내구성

합성수지로 함침처리한 기와의 내구성(발수성 지속도)를 판정한다는 것은 매우 중요한 문제이다. 이를위한 최적의 방법은 합성수지로 함침처리한 기와를 실제 건물의 지붕에 이어놓고 정기적으로 그것을 다시 뽑아내서 흡수율 변화를 측정하는 것이지만 이방법은 사실상 매우 곤란하고 결과를 얻기까지 긴시간이 요구되기 때문에 비교적 짧은 기간동안에 결과가 나타나는 인공적인 노화촉진시험을 통하여 합성수지로 함침처리한 기와의 내구성을 판정하게 되었다.

A)자비건조-한열반복시험

본시험은 주로 함침처리에 하용된 합성수지의 자체의 내구성을 알아보기 위한 것으로 시험결과 모든 합성수지가 발수특성의 퇴화, 외견상의 변화등을 보이지 않았다.

B) 동결융해시험

본 시험은 기와소지 중의 수분동결로 일어나는 기와의 동결파손을 조사하기 위한 것으로 시험결과 SS-101, D.W.R, C.T.C, WS-501로 함침처리한 기와시편은 동결파손의 정도가 매우 경미하여 내구성이 상당히 우수한 것으로 나타났으나 B72가 보강재로 첨가된 경우에는 기대한 만큼의 효과를 얻을 수 없었다.

3.항절강도

D.W.R과 W.S-501로 함침처리한 기와시편의 항절강도가 증가되지 않은 것은 당연한 일이다. 그것은 D.W.R이나 W.S-501의 수지성분이 기와소지의 공극 내부에 충전되는 것이 아니고 공극 내부표면을 피복하는 형태로 고착되어 수지함침처리 후에도 기와소지 중에는 대량의 공극이 연속적으로 존재하게 되기 때문이다. 이와같은 특성으로 인하여 이들 합성수지로 함침처리된 기와는 기체의 출입을 저해하지 않으면서도 장기간 방수효과를 유지시킬 수 있게된다.

D.W.R에 보강재로 파라로이드 B72를 첨가하게 되면 기와의 항절강도를 높일 수 있는 것으로 나타났지만 앞의 흡수율측정과 내구성시험에서 볼 수 있듯이 보강재 첨가에 따른 부작용이 더 크기 때문에 기와의 함침처리는 부적합한 것으로 판단된다.

도표-9. 고기와의 물성

수집장소	제작연대	흡수율 (%)	항절강도 (kg/cm ²)	비고
은혜사 벽홍암	1655년	20		목조 문화재 파손상태 조사를 위하여 수집된 고기와
	1680	16	90.38	
	1834	14	84.96	
파곡사 대웅보전	1663년	12.9	34.8	"
	1695	11.8	33.2	
	1762	14.2	24.7	
신흥사 대웅전	1653년	12.2		"
	1653	19.9	86	
	1653	10.6	39	
영천향교 대성전	1617년	13.4	75	"
	1622	14.1	20.2	
	1644	14.8	78.2	
	1737	16.1	80.8	
광국암사 대웅전	1607년	13.7	39.1	"
	1666	16.0	31.9	

도표-9. 고기와의 물성

IV. 결론

고기와의 재사용을 위한 강화재생 방법으로서 합성수지(SS-101, D.W.R, C.T.C, S-505)함침처치는 상당히 효과적이라고 할 수 있다. 이들 합성수지로 함침처리한 고기와는 흡수율이 대폭적으로 저하 되었으며 환경변화에 대한 내구성도 많이 향상되었다. D.W.R과 W.S-501로 함침처리한 고기와는 발수성에서 SS-101과 C.T.C로 함침처리한 고기와는 내구성(발수성 지속도)에서 우수한 특성을 나타냈다. 강도 보강문제에 있어서는 합성수지(SS-101, D.W.R, C.T.C, W.S-501)을 함침처리에 의하여 노화된 고기와의 항절강도를 증가시킬 수 없었지만 시험에 사용된 대부분의 고기와 재사용에 필요한 최소한의 항절강도(사람이 지붕에 올라 갔을때 그 하중을 견딜 수 있을 정도의 항절강도)를 보유하고 있는 상태였으므로 합성수지 함침처리의 효과를 논함에 있어서 별다른 문제가 되지 않았다. 그러나 기와소리 내부에 균열이 발생되어 항절강도가 크게 저하된 기와는 합성수지 함침처리에 의하여서도 약화된 기계적 강도를 강화시킬 수 없기 때문에 타음(打音)에 의한 함침처리 대상기와의 선별작업이 반드시 필요하다.

참고문헌

1. 西浦忠輝, 일본 동경 문화재 연구소, 석조문화재의 보존과 수복 p.111~119(1985)
재사용을 목적으로한 고기와의 수지함침처치
2. 西浦忠輝, 일본 동경 문화재 연구소, 석조문화재의 보존과 수복 p.144~151(1985)
중문 정광사 관음당의 고기와의 보존
3. 박용완·양중석, 과학기술처, 문화재 과학적 보존에 관한 연구 I (1972) p.83~113
도자기 문화재(기와에 관한 연구)
4. 田中稔, 점토와, 제15장 내한성의 향상 p.223~248
5. 沖津俊直, 접착기술의 실제, 아크릴계 합성수지 P.64~68
- 6 장기인, 한국건축대계 IV. 기와 제4장 기와제법



사진 1 <흡수율 측정상태>



사진 2-1 자비건조-한열반복시험(비등 수증 침적)



사진 2-2. 자비건조-한열반복시험(105° 건조)

사진 2-2 자비건조-한열반복시험(105℃ 건조)



사진 3 동결융해 시험기 내에서의 동결파손 시험

사진 3 동결융해 시험기 내에서의 동결파손 시험