

전통 건축물 석회다짐층 보수 시공시의 문제점 및 개선 방안

김진만 · 곽은구 · 서만철* · 조헌영**

공주대학교 건축공학과, 충남 공주시 신관동 182

*공주대학교 지질환경과학과, 충남 공주시 신관동 182

**공주대학교 생산기술연구소, 충남 공주시 신관동 182

Questions and Solutions on Repair of Lime-Soil Consolidation in Traditional Buildings

Jin-Man Kim, Eun-Gu Kwak, Man-Cheol Suh* and Heon-Young Cho**

Dept. of Architectural Engineering, Kongju National University, Kongju, Chungnam

**Dept. of Geoenvironmental Sciences, Kongju National University, Kongju, Chungnam*

***Industrial Technology Research Institute, Kongju National University, Kongju, Chungnam*

요약

고건축물에서 구조재, 결합재, 방수재, 마감재 등의 용도로 매우 중요하게 사용된 강회다짐 재료에 관한 사용기록을 정리하고 문화재 보수 및 복원시 현장에서 느끼는 강회다짐재의 사용상 문제점을 검토하여 다음과 같은 개선방안을 제안한다. 1) 생석회를 현장에서 피우는 과정에서 발생하는 품질의 균일성에 관한 문제점을 보완하기 위해서는 강회다짐용 재료로 순도 높은 소석회를 사용하는 것이 바람직하다. 2) 강회시공시 발생하는 품질의 불균일성을 고려하여 균일한 혼합을 위한 믹서, 계량시의 오차를 줄이기 위한 Premix 형태의 강회다짐재 및 다짐작업의 균일성을 확보하기 위한 다짐기계의 사용을 적극적으로 검토하여야 한다. 3) 지붕 강회다짐층의 해체 및 시공시 추가적인 구조물의 손상을 방지하기 위해서 적절한 가설구조물의 사용을 의무화 하여야 한다. 4) 문화재 수리 표준 품셈과 문화재 수리 표준 시방서에 규정된 재료 및 시공절차에 관한 내용을 구체적이고 명확히 규정할 필요성이 있다.

Abstract

Lime-soil consolidations are very important as structural material, bonding material, waterproofing material, and finishing material in korea traditional buildings. In this study, we investigated site application trouble in korea traditional buildings being repaired or restored, and propose following solutions. 1) To diminish quality variation occurred by slaking quick-lime in site, it is desirable to use slaked-lime for lime-soil consolidation. 2) For uniform construction of lime-soil consolidation, we would recommend builders to use

mixer to be uniform mixture, premixed type materials and compacting machine in field, 3) and to use rigid suitable temporary construction as scaffold for preventing traditional buildings from additional damage occurred in demolition and construction of a layer of lime-soil consolidation of a roofing. 4) For suitable repair of traditional buildings, it is necessary to specify definitely materials and construction methods suggested by the standard specifications for repair of the cultural property.

1. 서론

국내의 고건축물에 있어 구조재, 결합재, 방수재, 마감재 등의 용도로 매우 중요하게 사용된 재료가 강회이다. 강회는 생석회를 의미하지만, 건축재료로 사용될 때에는 소화시켜 소석회로 만들어 점토와 적당한 비율로 혼합하여 사용하게 된다. 석회는 건축재료로 사용되는 대표적인 기경성 재료로서 이집트의 피라미드에 사용되었으며, 성경에도 돌을 쌓을 때 석회를 이용한 기록(신명기 27장 1~5절)이 있는 등 세계적으로 사용된 역사가 매우 길다. 우리나라에서도 삼국시대부터 강회가 벽화, 사원, 성곽, 궁궐 등 여러 구조물에 사용되었을 뿐만 아니라 용도 또한 내력용, 방수용, 마감용 등 다양하게 나타나고 있어 우리 선조들이 강회를 주요한 건축재료로 사용하였음을 알 수 있다.

이와 같은 배경에 의해 최근에 활발하게 추진되고 있는 전통 구조물의 보수 및 복원시 강회는 매우 중요하게 사용되고 있다. 강회의 시공시에는 문화재수리 표준시방서를 표준 시방서로 하고 있으나, 이 시방서의 기준이 불명확한 부분이 많아 실제 시공시에 어려움을 겪고 있기 때문에 시방서의 정비가 시급히 요구되고 있다.

본 연구는 강회 사용에 대한 옛 문헌을 정리하고, 문화재 보수 및 복원시 현장에서의 사용상 문제점들과 시방서나 품셈상의 문제점들을 파악하고 그 개선방안을 제시함으로써 향후 건축문화재 보수 및 복원시 강회를 보다 과학적으로 사용할 수 있는 방안을 제시하기 위한 것이다.

2. 강회에 대한 이론적 고찰

2.1. 강회의 정의 및 분류

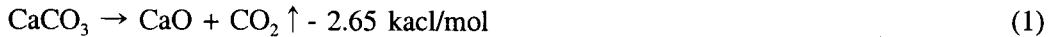
강회는 주로 생석회를 말하며 석회석(CaCO_3)을 소성로의 크기에 맞추어 파쇄한 것을 식(1)과 같이 약 $800\text{ }^\circ\text{C}$ ~ $1,100\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 일정시간 가열하여 소성한 것으로 주성분은 산화칼슘(CaO)이며, 시간 및 온도의 소성 조건에 따라 연소(soft-burned)와 경소(hard-burned)로 분

류된다.

연소 생석회는 약 850 °C~900 °C 범위의 비교적 낮은 온도에서 석회석을 가열하여 얻어지는 것으로서 비표면적이 매우 큰 다공성의 미세한 결정질로 활성도가 높아 제철용 및 화학공업용 등으로 시판되고 있다.

경소 생석회는 고온에서 소성한 생석회로 CaO 매결정이 발달하여 공극률이 적고, 활성도가 낮다. 그러므로 반응성이 낮은 뿐만 아니라 연료의 회분(灰分)과 석회석의 불순물인 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ 등과 CaO의 반응물질이 혼입되어 불균질하므로 도벽용으로 사용할 경우 장기적인 수화 팽창에 의해 부풀음의 원인이 되기도 한다. 그래서 경소 생석회는 주로 ALC용과 호소 바닥 개량용으로 사용된다.

약 800 °C~1,100 °C 소성



생석회는 CaO의 순도에 따라 Table 1과 같이 분류되는데, 이 중에서 문화재 보수용으로 사용되는 것은 연소생석회로 CaO 90% 이상의 함량을 가진 1급 이상을 것을 사용하고 있다.

소석회는 식 (2)와 같이 생석회와 물을 반응시켜 만든 것으로 비교적 소량의 물을 이용하여 분말상태로 제조하는 건식법과 다량의 물을 사용하여 소화시키는 습식법이 있다. 대부분의 소석회는 공업용에 사용되는 경우에는 건식 방법으로 하고, 문화재 건축물 보수 및 복원 시에는 습식 방법에 의해 제조하여 사용하고 있다.



Table 1. KS classification of lime

Variety	Grade	Chemical compositions (%)			Fineness (%)	
		CaO (% over)	Impurity (under)	CO ₂ (under)	< 600 μm	< 150 μm
Quick Lime	special	93.0	3.2	2.0	-	-
	A	90.0	-	-	-	-
	B	80.0	-	-	-	-
Slaking Lime	special	72.5	3.0	1.5	pass	5.0 under
	A	70.0	-	-	pass	-
	B	65.0	-	-	pass	-

2.2. 강회의 반응 메카니즘

문화재 건축물의 보수 시 강회만을 사용하는 것은 단청을 그리기 위한 벽 미장 바탕 재료뿐이고 다른 부위에서는 강회와 백토를 혼합하여 사용한다. 강회와 백토를 혼합하여 사용할 때 나타나는 반응은 두 가지이다. 첫 번째 반응은 소석회와 점토, 백토의 함유된 가용성 실리카(SiO_2)가 아래 식 (3)과 같이 반응하여 C-S-H 겔을 생성시키는 포졸란 반응이고, 두 번째는 소석회가 공기 중의 이산화탄소와 반응하여 다시 탄산칼슘으로 변화하는 탄산화반응이다. 포졸란 반응은 상온에서 장기간에 걸쳐 서서히 진행되기 때문에 초기강도는 낮게 발현되지만, 반응 생성물이 매우 치밀하기 때문에 장기강도는 매우 강하여 마치 돌과 같이 단단하게 된다.



3. 강회 사용에 관한 문헌 고찰

3.1. 고건축물에서의 강회 사용 기록

강회는 우리나라에서 옛날부터 사용되어 온 건축 재료이다. 강회는 초창기에 공주 송산리 6호분 석벽의 백호도나 고구려의 석벽 등에서 나타난 것과 같이 벽화를 그리기 위한 바탕 재료로 사용되다가 점차적으로 궁궐, 사원, 향교 등의 건축물에 사용되었다. 삼국시대에 건축물에 사용한 예로는 발해의 도성인 동경성의 옛 집터와 백제에 의해 전래되어 축조된 일본 나라현 동대사(東大寺) 삼월당의 기단부위가 강회를 사용한 대표적인 예이다.

강회는 공급량이 한정되어 매우 구하기 어려운 건축 재료였기 때문에 그 사용에 있어서 제한을 두었다. 삼국사기(三國史記)에는 옥사(屋舍)에 함부로 석회를 바를 수 없다고 기록된 것이 그 수급상황을 짐작하게 하며, 이러한 제한은 조선시대에까지 적용된 것으로 보인다. 고려 및 조선시대에는 주로 상류 계층이 사용하는 서원, 향교, 궁궐, 사찰, 성벽 등에 많이 사용되었으며, 구조 부위별로는 기단과 성곽 용도의 포장용, 지붕의 방수층 및 기와 사춤재 등으로 사용되었다.

3.2. 강회제조방식에 관한 기록

강회 제조법에 관한 기록은 조선시대의 실록과 박제가의 「북학의」에 잘 기록되어져 있다. 세종실록에는 "강화도의 호부조리는 곳에서 석회석을 불로 태워서 생석회를 제조하고, 제조된 생석회를 물과 반응시켜 소석회를 얻었다"라고 기록되어져 있다. 박제가의 「북학의 내편 벽조」에는 "석회석을 가져다가 불지피워서 만든 생석회에 물을 넣어 소석회를 제조하

였다."라고 기록되어 있다.

문중실록에는 "중국의 번조법과 비교하여 더 우수한 방법으로 소석회를 제조하였다." [문중실록 권6, 원년 3월 3일조]라고 기록되어 있는 것을 보면 15C경에는 우리의 강회 제조법이 중국보다 우수하였던 것으로 사료된다. 그러나, 정조실록의 「정조실록 권16, 7년 7월, 12월조」에는 "중국의 번조법을 상세히 탐지하고 수용한 내용을 기록하고 토벽 공사에 사용하였다"라고 기록되어 있는 것으로 보아 18C 경에는 우리의 강회 번조법이 중국에 뒤쳐졌던 것으로 추측된다.

3.3. 구조 부위별 강회의 시공법

현재 문화재 수리·보수에서 강회가 사용되는 곳은 기초 공사, 기단 공사, 벽 미장공사, 지붕공사, 성벽공사에서 주로 이용되고 있으며, 시공방법은 주로 점토나 백토 등의 흙과 혼합하여 타설한 후 달고나 평삽 등으로 다짐하는 방법을 사용하고 있다.

기초 부분에서는 Fig. 1과 같이 강회 다짐은 지하에서 올라오는 습기를 방지하기 위한 방수 목적으로 사용이 되며, 시공은 잡석 다짐, 강회 다짐, 흙 덮기의 순서로 행한다.

기단에서는 지붕에서 내려오는 우수에 의하여 바닥재가 손실되지 않도록 하기 위해 강회 다짐을 행하며, 다짐 방법은 전통적인 방법인 달고와 평삽을 이용하고 있다.

벽에서는 변색되거나 균열이 발생한 부위에 미장재로서 강회 바름재를 사용한다.

미장에 대해서는 KS에서 회바름으로 규정하고 있으며, 품셈에서도 타 공사에 비해 비교적

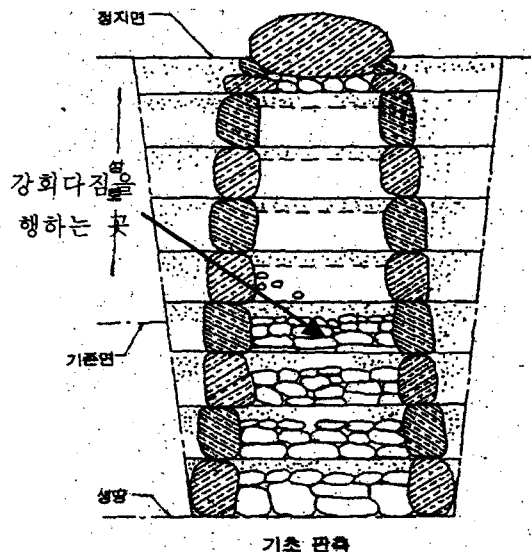


Fig. 1. Application example of lime-soil consolidation in base.

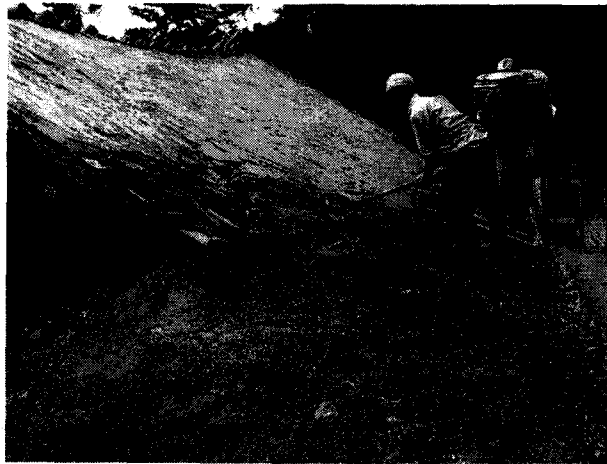


Fig. 2. Roofing construction of lime-soil consolidation.

정해진 것들이 많다. 회바름에서는 강회와 백토, 진흙, 백시멘트 외에 부착력을 높여주기 위해 해초풀과 여물을 사용하고 있다.

지붕 공사에서는 Fig. 2와 같이 보토 위에 두께 세 치(9 cm) 정도 강회다짐층을 형성하며, 이 강회다짐의 주목적은 지붕의 방수층 확보이므로 균열의 방지가 매우 중요한 시공 요점이 된다. 또한 보토용 재료도 강회와 백토를 섞은 것이지만 단지 다짐을 하지 않는다는 차이점이 있을 뿐이다.

강회 다짐을 끝낸 후 약 3일 정도 경과하면 강회에 무리가 가지 않도록 하면서 기와를 올리는데 기와와 기와 사이에 생기는 틈을 메우는 흙인 알매흙과 기와의 끝단인 와구토에도



Fig. 3. Castle road construction of lime-soil consolidation.

강회를 사용한다.

또한 강회는 성벽의 축조를 위하여 많이 사용되었다. 성벽 축조는 돌을 그냥 쌓아 올리는 방법과 돌과 돌 사이를 점토 및 석회 등으로 메우며 쌓는 두 가지 방법이 있는데 고대에는 대체로 전자의 방법이 많이 사용되었으나 후대에는 후자의 방법이 많이 사용되어 강회의 사용량이 증가하고 있다. 또한 Fig. 3에서와 같이 성벽의 용도에 강도를 증진시켜 자연적인 풍화 방지를 목적으로 강회다짐이 사용되었다.

3.4. 고건축물의 보수 시공 기준

이상과 같은 고건축물의 보수를 위하여 강회를 사용할 경우 문화재 수리 표준시방서 및 동 표준품셈에서는 구조부위별로 재료의 선정과 시공방법을 규정하고 있는데 이를 정리하면 다음과 같다.

○ 기초 공사

- 사용 목적 : 지하에서 올라오는 습기방지
- 재료 구성 : 생석회+백토, 생석회+잡석+백토
- 시공 방법 : 잡석 다짐 후 그 위에 강회 다짐 실시

○ 기단 공사

- 사용 목적 : 우수에 의한 흙의 유실 방지
- 재료 구성 : 생석회+백토
- 시공 방법 : 기단 청소 후 강회 다짐 실시

○ 벽 미장

- 사용 목적 : 단열효과, 습도조절 및 깨끗한 벽면 획득
- 재료 구성 : 생석회+백시멘트+모래, 생석회+백시멘트+모래+해초풀
- 시공 방법 : KS의 회바름 공사 및 동 품셈에 준하여 실시

○ 지붕 공사

- 사용 목적 : 우수침입이 있는 곳의 방수
- 재료 구성 : 생석회+백토
- 시공 방법 : 보토 시공 후 강회다짐 실시

○ 성벽 공사

- 사용 목적 : 성벽 재료의 접착력과 성벽 용도의 강도증진
- 재료 구성 : 생석회+백토
- 시공 방법 : 성벽 구성재인 석재의 부착력 강화를 위하여 강회를 사용하고, 성벽 용도에는 강도증진을 위하여 강회다짐 시공을 실시

4. 강회 다짐에서의 문제점 및 개선방안

위에서 제시한 구조 부위에서 강회를 사용함에 있어서 그 규준이 되는 것이 문화재청에서 정한 품셈과 시방서이다. 하지만 품셈과 시방서의 기준이 아직 체계적이지 못하여 문화재 보수 공사에서 많은 어려움이 있다. 문화재의 보수 시공시 강회 사용시의 문제점 및 개선방안을 정리하면 다음과 같다.

4.1. 재료적 측면

강회 경화체는 백색의 외관을 가지고 있어 깨끗함을 좋아하는 민족성에 잘 부합되는 재료이며, 다공질이기 때문에 비교적 우수한 단열 성능을 가지고 있는 등 건축 재료로서도 매우 우수한 특성을 가지고 있다.

강회 경화체를 제조하기 위해서 사용되는 생석회는 반응에 의해 경화되지 않기 때문에 생석회를 수경성이 있는 소석회로 만들어 사용하게 된다. 생석회를 소석회로 만드는 과정을 소화라고 하며, 전통적으로는 생석회를 피운다라고 표현한다.

문화재의 보수 공사시 생석회를 피우는 작업은 현장내에서 인력에 의해 수행되기 있기 때문에 소화된 정도가 차이가 나게된다. 생석회가 소석회로 완전하게 소화되지 않은 것을 사용하여 시공할 경우에는 시공후 생석회의 소화반응이 지속적으로 시공부위에서 진행되기 때문에 시공면의 부풀림과 박락 등의 결함이 나타나게 되며, 또한 소화가 진행되지 않은 생석회는 일정한 크기의 덩어리를 형성하여 강회재료의 균일성을 저하시키게 된다. 따라서, 균일한 시공을 위해서는 생석회를 현장에서 피우는 작업을 생략하고, 공업적으로 생산되어 유통되는 소석회를 사용하는 것이 바람직할 것이다.

강회다짐층 시공은 소석회, 백토, 물을 균일하게 혼합하는 것이 중요하지만, 문화재 보수 공사는 장비의 사용을 제한하고 있기 때문에 인력에 의해 혼합할 수밖에 없고, 이로 인하여 혼합된 강회다짐재가 불균질하게 된다. 불균질하게 혼합된 강회다짐재를 사용하여 시공할 경우 강회다짐층은 강도, 수밀성이 저하하고 표면에 흰색 반점이 나타나는 등 많은 문제점이 나타난다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 보수 현장에 기계식 믹서의 사용을 허용하거

나 백토와 강회를 균질하게 혼합한 Premix type의 재료를 사용하도록 유도하는 것이 필요할 것이다.

강회의 경화를 일으키는 포졸란 반응과 탄산화반응은 진행속도가 매우 느리기 때문에 강회는 초기강도의 발현이 낮고 이것이 공기를 연장시키는 주 요인이 되고 있다. 또한 강회는 내수성이 약해 내구성이 취약하다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 무기질 첨가재를 혼용하여 치밀한 경화체를 형성하는 방법을 연구할 필요가 있다.

4.2. 시공 측면

문화재의 보수 시공시 강회의 다짐작업은 달고나 평삼 등의 도구를 지니고 사람이 문화재에 올라서서 인력으로 다짐작업을 수행하고 있다. 그러므로, 많은 사람의 체중에 의한 하중이 문화재에 전달되어 추가적인 훼손이 발생할 가능성이 높아지게 된다. 또한, 다짐 작업이 인력에 의하므로 균일하지 않을 뿐만 아니라 충분한 다짐이 되지 않을 수도 있다. 최근 문화재의 보수주기가 짧아지고 있는 원인 중의 하나는 이와 같이 보수시에 충분한 내구성을 갖도록 시공하고 있지 않기 때문으로 생각된다.

따라서, 강회다짐층의 보수시공시에는 추가적인 하중의 발생이 없도록 충분한 내력을 가진 가설구조물을 설치하고 문화재에 절대로 올라가지 않고 그 가설구조물 위에서만 작업이 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다. 이러한 가설구조물은 현재 사용하고 있는 비계와 비계발판에 크레인을 포함한 형태가 되어야 할 것이다.

또한 다짐의 균일성 확보를 위해서도 인력이 아닌 적절한 다짐 장비의 개발이 필요하며, 다짐의 균일성 확보를 확인할 수 있는 시험법의 확립도 필요할 것이다.

4.3. 제도적 측면

현재 문화재 보수시의 강회 다짐 공정은 문화재청에서 발간한 「문화재 수리 표준 품셈」과 「문화재 수리 표준 시방서」에 준하고 있다. 그러나 아직까지 시방서의 기준이 부족한 부분과 잘못된 부분이 많아 현장에서 시방서를 이용하는데 있어 어려움이 가중되고 있는 실정이다.

예를 들면 Table 2는 품셈에서 제시하고 있는 지붕 공사의 강회 다짐용 배합표를 나타낸 것으로 생석회의 단위는 중량이고, 마사토 및 진흙의 단위는 용적이기 때문에 각 재료의 계량시 오차를 증대시킬 가능성이 있다. 이러한 규정은 단위를 용적 또는 중량으로 통일하여 사용시의 혼란을 없도록 해야 할 것이다. 따라서, 저자들은 현장에서의 시공 용이성과 품질 향상이라는 측면에서 단위를 중량으로 통일하는 것을 제안한다.

또한, 시방서 및 품셈에는 각 재료에 관한 품질규정이 불명확하다. 현재는 재료에 대한 규

Table 2. Mix Proportion of Lime-soil consolidation material (Al-mae soil) for roofing construction

Material	Unit	Quantity
Limestone	kg	7.8
Sedentary deposit	m ³	0.3
Clay	m ³	0.9

정이 거의 만들어져 있지 않아 현장 노무자들의 경험에 의존하고 있는 실정이다. 재료에 대한 품질규정 중에서 시급히 요구되는 것은 생석회 및 소석회의 경우 공업용석회의 규정(KS L 9501)과 미장용석회의 규정(KS L 9007)에 준하여 사용할 수 있도록 재료의 품질을 명확히 규정하는 것과 마사토 및 점토의 경우에는 입자크기, 비중, 함수율 등의 규정에 관한 것이다. 이러한 재료의 규정과 함께 시공절차를 명확히 규정함으로써 보수시공시 발생하는 문제점을 최소화할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론 및 제언

고건축물들은 우리 역사의 산물인 문화재이므로 오래 동안 보존시켜 우리 후손들에게 물려줄 필요가 있으며, 보수공사는 문화재를 영구히 보존하기 위한 적절한 수단이라고 할 수 있다.

그러나 부적절한 보수공사에 의해 문화재의 원형이 파괴되는 것은 보수공사를 하지 않은 것만 못한 일이다. 본 논문은 고건축물에서 여러 가지 용도로 사용이 되어 온 강회에 대한 사용 기록을 정리하고, 문화재 보수시 사용하고 있는 강회다짐 시공의 문제점과 개선방안을 제시한 것으로 다음과 같은 결과를 제안한다.

- 1) 생석회를 현장에서 피우는 과정에서 발생하는 문제점을 보완하기 위해서는 강회다짐용 재료로 순도 높은 소석회를 사용하는 것이 바람직하다.
- 2) 강회시공시 발생하는 품질의 불균일성을 고려하여 균일한 혼합을 위한 믹서, 계량시의 오차를 줄이기 위한 Premix 형태의 강회다짐재 및 다짐작업의 균일성을 확보하기 위한 다짐기계의 사용을 적극적으로 검토하여야 할 것이다.
- 3) 지붕의 강회다짐층 해체 및 시공시 추가적인 구조물의 손상을 방지하기 위해서 적절한 가설구조물의 사용을 의무화 하여야 한다.
- 4) 문화재 수리 표준 품셈과 문화재 수리 표준 시방서에 규정된 재료 및 시공절차에 관한 내용을 구체적이고 명확히 규정할 필요성이 있다.

참고문헌

1. 문화재청, 문화재 수리 표준 품셈 및 실무 요약, 1998.
2. 문화재청, 문화재 수리 보수 시방서, 2000.
3. 문화재청, 문화재 수리용 강회 혼합재 조사·연구, 1999.
4. 한국석회가공업협동조합, 석회산업의 발전방향과 용도, 1998.
5. 일본석회협회, 석회handbook, 1992.