

石窟庵 空氣調和 設備 改善 方案

柳 東 烈* · 洪 承 民**

1. 石窟庵의 科學的 保存을 위한 基本構造

§1.1 結露를 일으키는 構造

石窟庵의 完壁한 保存을 위한 努力은 過去의 몇 차례의 大補修工事로서 나타났다. 記錄에 依하면 第一次工事 (1913~1915)는 그 一部分이 허무러질程度로 크게 破損된 窟原形을 完全解體後 修理復元하는데 重點을 두었으며 外周石材를 모조리 除去하고 두께 3尺의 콘크리트 構造體로 代置하여 彫刻石壁을 콘크리트層에 附着시키게끔 하였다한다.

第一次工事が 그 竣工 直後에 “窟外封土層으로 부터의 漏水로 나타나서 佛像面을 따라 흐르게 되었고 이에따라 佛像의 汚濁이 注目케 되어” 第二次工事 (1917)가 施行되었으며 그 內容은 “張芝 및 封土를 除去한다음 콘크리트 돔 表面에 石灰 몰탈과 粘土層을 마련하는 同時에 이圓頂形의 外部에다 放射線狀으로 暗下水를 設置한後 다시 盛土 및 張芝하는 것이었다” 第二次工事後에도 窟內 漏水 現象은 그치지 않고 따라서 計劃된 大規模 重修가 第三次工事(1820~1923)로 나타났다. 그 內容中, 漏水와 關聯된 事項은 다음과 같다.

1) 防水層設置: 漏水處를 찾고져 封土와 콘크리트돔의 外壁을 이루던 堰板代用의 石築層을 모두 除外하였던바 龜裂處 2個所가 發見되어 이곳으로 侵入된 漏水가 다시 擴大된것으로 判定되어 當初 設計의 周圍部 콘크리트層의 全面 덧바르기를 變更하여 그 龜裂處만을 따내어 補修하고 既設돔 全面을 몰탈로서 고르게 한다음 防水用으로 아스팔트를 塗布하였으며 다시 이에 連續하여 辟石層을 新設한다음 封土 張芝하였다.

2) 地下水處理의 變更: 第一次 工事に 앞서 後面에서 發見한 漏水 2個處는 石窟바닥밑을 貫通 排水되었으나, 第三次工事に 있어서는 鉛管導水方式이 廢棄되고 돔 向右上周를 도라흐르도록 岩石을 穿착하고 石造導水路를 新設하였다.

第三次工事 以後에도 “從來에는 若干의 靑苔가 끼고 있었던 바 本夏에 들어 특히 長期降雨로 말미암아 靑苔가 激增하여 本來의 美觀을 滅殺할 뿐 아니라 濕氣 窟內에 充滿하고 또 天井 부터 물의 點滴이 不絶히 落下”하는 現象이 일어났다고 한다 이런 現象은 混亂期의 管理소홀과 아울러 深化되었고 “石窟內 佛像이 汚濁되고 黑色바탕을 이루는 激甚한 石面着色과 그위에 靑色을 보이는 蘚苔類의 發生”이 問題되어 數次의 水蒸氣 洗滌 作業이 試圖되었으나 石面의 風化作業이 漸次 加速된다고 認定되어 급기야 第四次工事(1961~64)가 試行되었으며 그 內容은 2重돔의 形成과 前右 構築等を 主로 하는 것이었다. 2重돔으로는 封土層으로 부터의 地下水 侵入을 完全無缺하게 防止할수있고 前室은 4季를 통한 雲霧의 侵入 특히 夏季의 東南 風으로 吹入되는 土砂가 侵入하여 水分과 混合되어 土塵濁液이 流下着色케 하는” 現象을 막을수있었던 것이다.

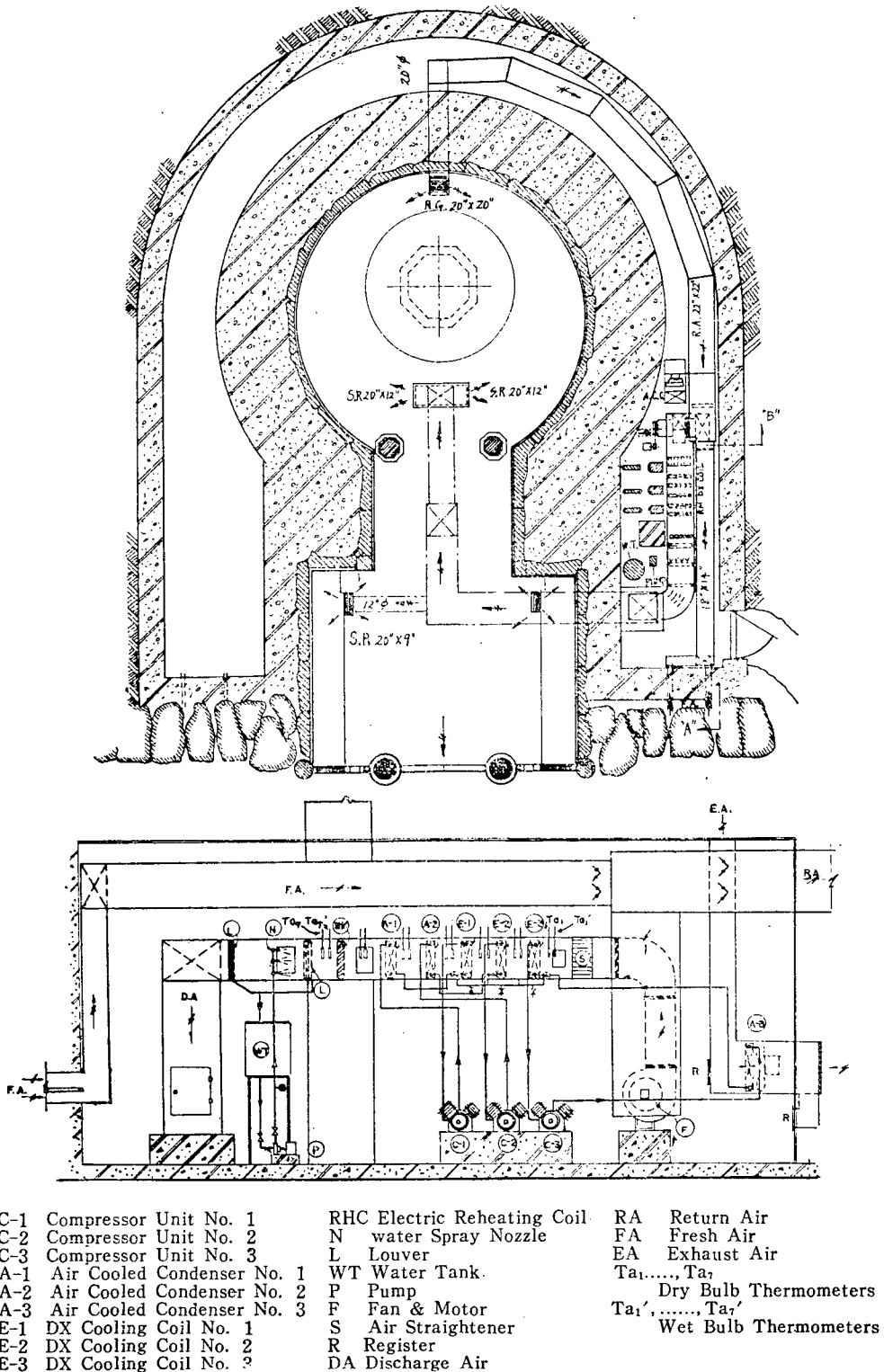
嚴重한 第四次工事에도 不拘하고 石壁面의 結露現象이 不絶함으로 第五次工事라고 할수있는 機械的인 除濕裝置가 設置되어 (1966), 窟內의 積極的인 除濕效果가 成果를 거둠으로서, 그以後는 窟內의 물기와 靑苔에 關한 物議는 그大部分이 解消된듯 하다.

§1.2 結露없는 構造

第一次工事は “外周石材를 除去하고 洋灰겉질

* 正會員, 三信設備研究所

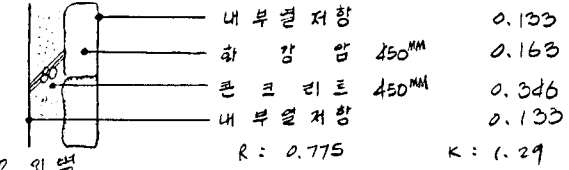
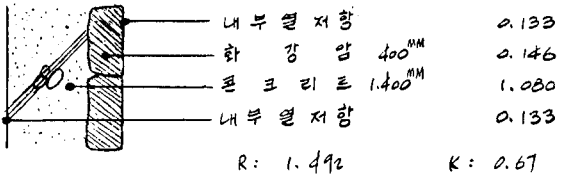
** 正會員, 韓國科學技術研究所



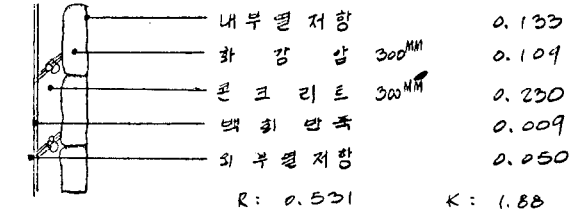
- | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--|
| C-1 Compressor Unit No. 1 | RHC Electric Reheating Coil | RA Return Air |
| C-2 Compressor Unit No. 2 | N water Spray Nozzle | FA Fresh Air |
| C-3 Compressor Unit No. 3 | L Louver | EA Exhaust Air |
| A-1 Air Cooled Condenser No. 1 | WT Water Tank | Ta ₁ , ..., Ta ₇ |
| A-2 Air Cooled Condenser No. 2 | P Pump | Dry Bulb Thermometers |
| A-3 Air Cooled Condenser No. 3 | F Fan & Motor | Ta ₁ ' , ..., Ta ₇ ' |
| E-1 DX Cooling Coil No. 1 | S Air Straightener | Wet Bulb Thermometers |
| E-2 DX Cooling Coil No. 2 | R Register | |
| E-3 DX Cooling Coil No. 3 | DA Discharge Air | |

그림 1: 既存 空氣調和 裝置配置圖 및 裝置의 系統圖(空調 冷凍工學 第3卷 第3號 p-167 참조)

1. 내벽



2. 외벽



3. 바닥

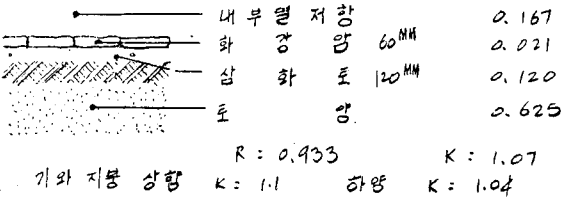


그림 2: 熱傳導率

을 뒤집어쓴”石窟構成方法의 變造를 敢行하였다
 는 點에서 非難의 對象이 되고있다. 事實 石窟庵
 의 그동안의 모든問題, 卽 窟內의 結露와 靑苔의
 盛昌, 石壁面의 石花 및 風化의 深化等은 모두
 두께 3尺以上の 洋灰겹질에 뒤집어 써올 수도 있
 다. 육중한 콘크리트層과 이틀덜은 封土層의 熱
 容量은 大端히 큰 것이었을 것이며 이것이 地熱의
 影響으로 冷却되어 石壁의 表面濕度가 下降됨으
 로 夏季의 高溫多濕한 周圍空氣가 이런壁面에 接
 觸함으로 結露現象이 일어나 石壁面을 적시게되
 고 一旦 結露가 始作되던 流水作用이 일어나 계
 속 多量의 空氣中 濕氣를 凝結시키게 되었던 것이
 다. 第二次工事 以後의 여러工事は 그 物議의 主
 因이 이런 結露 現象에서 비롯됨을 正當히 理解못
 한데서 오는 當惑에서였다고 생각된다. 除濕裝置

大邱地方의 地中溫度 (*2)

		6月	7月	8月
地下	1.5m	17.3°C	21.3°C	23.6°C
"	3m	14.3°C	17.6°C	19.0°C
"	5m	13.5°C	14.7°C	15.7°C

가 成功的으로 作動하고 있는 現在에 上記와같은
 論議及 念慮가 거의없는 事實에서 미루어 보아도
 알 수 있을 것이다.

舉論되듯이 佛像의 汚染과 風化가 大部分 今世
 紀에 深化되었다고 假定하면 石窟庵 1000年의 保
 存의 秘訣은 무엇이었을까? 論理의 飛躍일지 몰
 라도 이는 端的으로 結露가 일어날 수 없는 石窟
 構造였다고 對答하고 싶다. 이를 換言하면 石窟
 庵은 하나의 石造地上構築物이 었음을 뜻한다.

이를 뒷받침하는 描案은 文獻(1)에서 다음과같
 이 散見된다.

P₁: 우리의 石窟은 平地에 터를뒹아 礎石을 놓
 고 그위에 人工結構한 것이다.

P₃₁: 石窟庵은 경사진땅을 切土하고 平地를 만
 들어 經營하였기 때문에 地盤은 단단한 岩盤과
 석비레層이다. 이러한 基礎위에 백여개의 짝음질
 한 돌과 조각을 배운 돌로 窟을 쌓아 올렸다.

P₃₃: 石窟庵은 靑建當初부터 백여개의 石材와
 이를 補強하는 많은 수량의 巨石으로 둘러쌓아
 놓았을 것으로 推定된다.

石佛寺라는 이름으로 創建되었던 石窟庵이 地
 上石造構築物이었다면, 지금 現在의 無數한 地上
 建물이 그러하듯이 建物內壁 및 內部的 結露는
 전혀 問題되지 않음을 쉽게 理解할 수 있을 것이다

또한 窟內에 샘물이 흘렀다고 하는 說과 아침
 햇빛이 中央佛像 이마에 비치었다는 說도 石窟庵
 을 그 前面이 開放된 地上構築物로 解釋할때 쉽
 게 理解될듯도 하다.

結露를 일으키지 않는 條件으로볼때 石窟庵이
 처음부터 封土 및 瓦葺되었었다는 說은 不合理하
 다 할수있다. 地上建物の 壁과 바닥面에서의 夏
 季의 結露現象은 흔히 있을 수 있는 것으로 이는

구 분	할 내		돌 내		얼 위	
	건 구	습 구	건 구	습 구	건 구	습 구
여 름	20℃	14℃	15℃	13℃	30℃	24.5℃
겨 울	20℃	14℃	10℃	8℃	-12℃	-13℃

무 하 계 산

구 분	면 적	UNIT : KCAL/HR					
		병 방		난 방		냉 방 부 하	난 방 부 하
		K	ΔT	K	ΔT		
유 리	5.8	92.3		5.5	32	355	669
벽	30.4	1.88	42.6	1.88	32	2320	1829
	260	0.67	-5	0.67	10	-871	1742
	32	1.29	-5	1.29	10	-206	413
바닥	40	1.07	-5	1.07	10	-214	428
	38	1.07	0	1.07	15	0	610
천정	30	1.04	40	1.1	32	1248	1056
인원	10 h x 45 KCAL/HR · h					450	
조명	825 W x 0.86 KCAL/HR · W					710	
외기	425 CMH x 0.29 x (100 / 32 h)					1233	3944
현열 부하						5025	
외기	425 CMH x 720 x 0.01					3060	
인원	10 h x 45 KCAL/HR · h					450	
총계						8535	10.691

그림 3: 負荷 및 裝備計算

地中溫度와 關係가 있다.

石窟庵이 封土되었을 時 그頂上部와 庵바닥面 間의 垂直距離는 約 10m로 計算되며 庵外周壁도 平均 5M以上の 封土層으로 因하여 그 地中溫度는 14℃ 以下일 것으로 推定된다. 이런 溫度로서는 夏季의 結露는 必至現象이다.

今世紀에 들어서 不過 40年間的 結露로도 石面의 損傷이 크게 問題視되는 마당에 1000年동안 結露가 계속되었었다는 推理는 分明 不合理하다 할 수 있고 따라서 封土層의 創建 當時로부터의 存在說을 疑心하게 되는 것이다.

文獻 1)에서의 封土 및 瓦葺構造를 後期の 改

修에서 비롯되었을 可能性은 있다. 石窟外殼의 損傷으로 起因된 漏水現象에 效果的으로 對處하기 위해서 였을지도 모른다.

§1.3. 恒溫恒濕의인 保存方案

石窟庵은 或時 옛날의 습기로온 保存方法을 發見하였다 할지라도 現在로서는 그대로 復元될 수 는 없다. 따라서 現時點에서의 科學的인 保存方案이 檢討되어야 할 것이다.

科學的 保存이란 石窟庵의 여러 石造構造物과 彫刻物을 그 原形的인 質 및 量의 變化 없이 永久 保存하고자 하는 意志를 뜻하는 것으로 解釋된다.

石造物의 變化를 갖어오게 하는 原因은 한말로 風化作用이라고 일컬어지고 있다. 風化作用은 物理的 및 化學的 作用이 隨伴되는 것으로 物理的 風化作用에 對하여 考察하면 石類는 風雨 및 降雪에 의하여 공극(clearance joint)에 물이 채워지고 溫度의 降下에 의하여 凍結膨脹으로 石類를 파쇄 또는 마모를 일으킨다. 그러나 風化作用이라고 하면 주로 化學的 風化作用을 말한다. 化學的 風化作用은 Hydrolysis, Oxidation, Carbonation, Hydration, Chelation, Dialysis, 단순한 용해작용, 그리고 이들 諸作用은 風化作用時에서 서로 겹쳐서 作用하게 된다.” “이러한 點으로 볼 때 石類의 科學的 保存은 濕氣, 雨水, 雪水에 영향을 받지 않도록 人爲的인 特別한 시설을 하는 것이 最善의 永久的 保存等의 하나일 것이다.

嚴密한 意味에서는 要 保存對象物이 大氣속에 存在하는限, 그 風化作用은 막을 수 없을지도 모른다. 다음 例는 이를 考慮한 結果임이 分明하다

The declaration of Independence and the constitution of the United States are inscribed on sheep skin parchment and are enclosed within shield receptacles filled with Helium. (4)

石窟을 封할 수 없는 現實을 놓고 그 風化作用을 促進하는 要素를 보면 結露, 多濕, 氣溫의 變化等을 들을 수 있을 것이다. 이 中에도 結露가 가장 두려운 原因이 됨은 앞에서 充分히 檢討한 바와 같다. 結露를 막을 수 있는 方案으로 實現

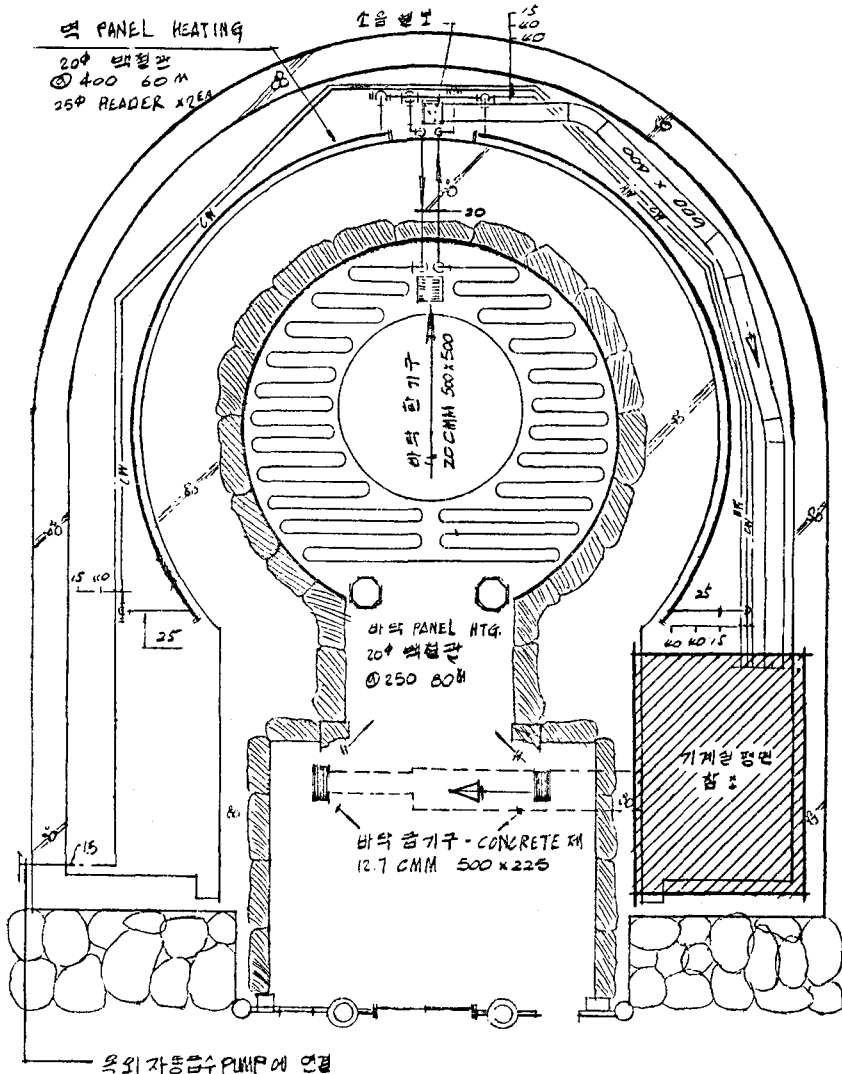


그림 4: 空氣調和 平面圖

되고 論議된 것 중에는 除濕方式과 加熱方式이 있다고 할 수 있다. 除濕方式은 窟內空氣를 冷凍裝置로서 除濕시켜 그 露點을 石壁表面溫度보다 낮게 維持시키므로써 結露를 防止하는데 있다. 加熱方式에서는 石壁表面溫度를 窟內空氣의 露點以上으로 上昇維持시켜 結露를 防止한다. 前者는 現石窟庵에 既適用實驗된 것으로서 그 效果도 立證되어 本研究의 基本으로 주어진 前提이다. 그 難點은 相對濕度를 40% 以下로 維持하기가 힘들기 때문에 夏季 早朝等 一時的인 結露가 있을수

있다는 念慮이다. 反面에 그 長點은 濕度條件을 期中 均一하게 維持시킬 수 있는 可能性에 있다.

窟內空氣를 恒溫恒濕의으로 維持한다면 石類彫刻物의 物理的變化를 防止할 수 있을 것이다. 또한 窟內空氣를 充分히 깨끗하게 維持한다면 浮游 bacteria 및 CO₂, NH₃, SO₂等 氣로 因한 化學的 變化로 防止할 수 있을 것으로 判斷된다. 窟內空氣의 相對濕度는 可能한 낮게 維持하는 것이 좋을 듯하다. 石壁面에서의 微生物의 生植을 抑制하기 위함이다.

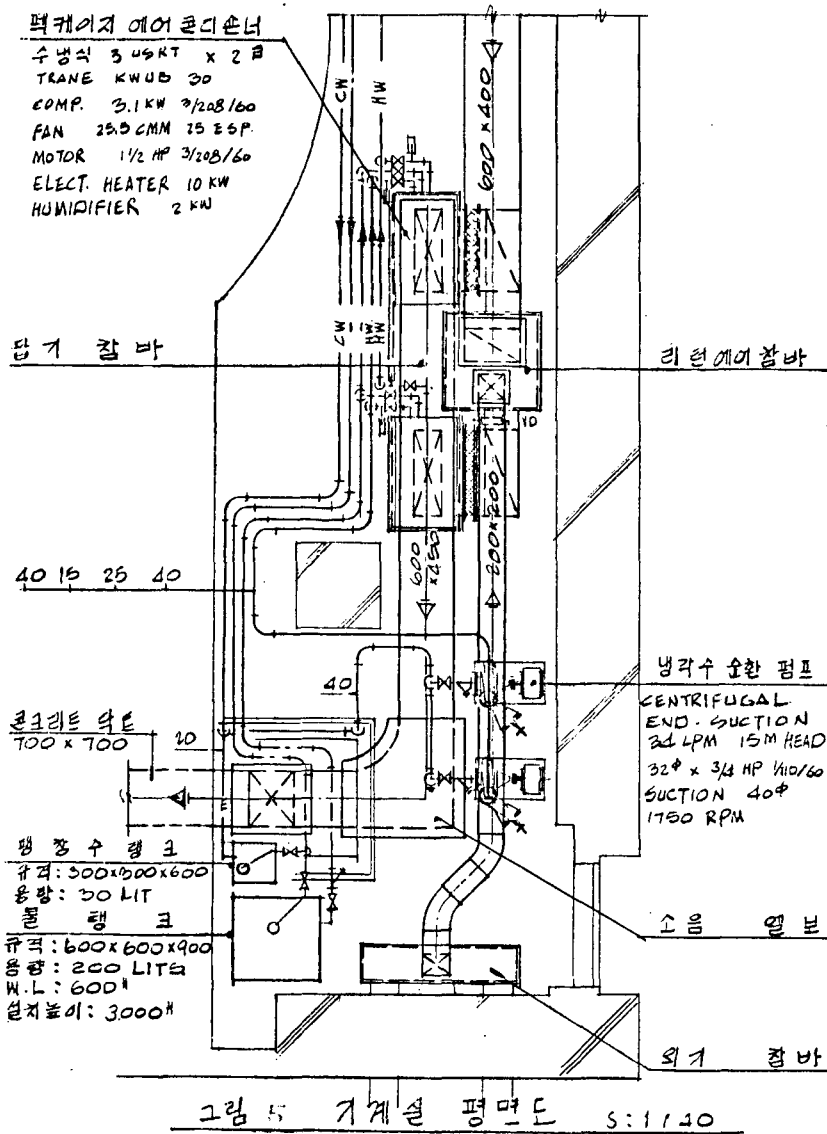


그림 5. 機械室 平面圖

文獻 5)에서 實測值들의 參考로 하여 窟內空氣 條件은 乾球溫度 20°C, 相對濕度 45%를 基準으로 하기로 한다.

工된것으로 문헌(5)에 詳述되어있다. 그設備의 概要는 別添 그림 1 및 그림 2와 같다.

§2.2 問題點

2. 空氣調和設備現況과 改善方案

1. Compressor 3臺中 2臺는 72年 5月 boring을 할 程度로 老朽되었다. 하며 3臺가 모두 交替要 望되었다.

§2.1 現 況

現在 設置되어있는 空氣調和設備는 1966年 竣

2. 空氣調和裝置를 運轉할 때에 窟內에 그 騒音

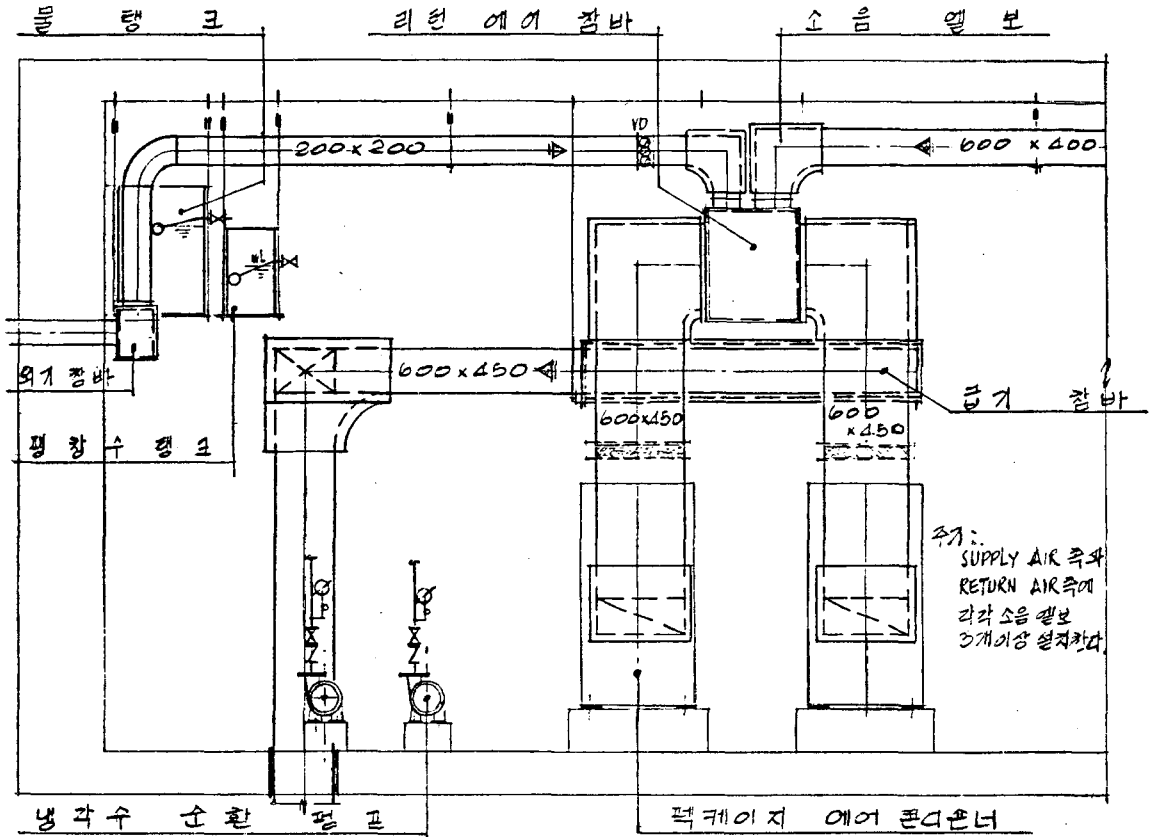


그림 6: 機械室 斷面圖

이 甚하게 傳達된다.

§2.3 現場調查

1974年 10月 17日 및 11月 11日 現場 踏査한 結果는 다음과 같다.

1. 振動

使用器具: Vibro Meter, No. 192M by the U.S. Starrett Co., Athol, Mass. USA

測定值: fan 과 compressor의 base-plate 에

서: $\pm 0.02\text{mm}$

機械室바닥: 없음

窟內바닥과 壁體: 없음

2. 騒音

使用器具: Sound Level Meter Type 3. Type 450B. Scott Instrument Laboratories.

測定值(Scale C)

窟外: 60db

窟內: 사람이 없을때: 47db

사람이 있을때 (82): 57db

空調器作動時: 67db

3. 送風量

使用器具:

測定值: 前室內 S.R. 20"×9": 86FPM 및 69FPM

窟內 R.G. 20"×20": 91FPM

4. 冷凍裝置

#1 Compressor: Copeland EAL 1-0200-TAC (Full Load Amp. 5.9Amp) 1.5kw

#2 와 3 Compressor: Copeland LAHI-0300-TAC (Full Load Amp. 8.4Amp) 2kw

送風機: 18"φ×1.5kw (韓國理研製)

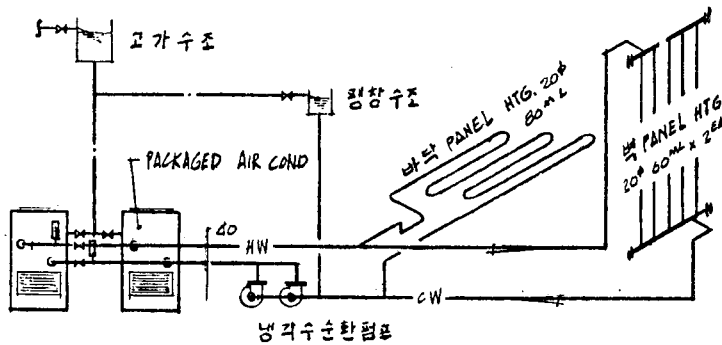
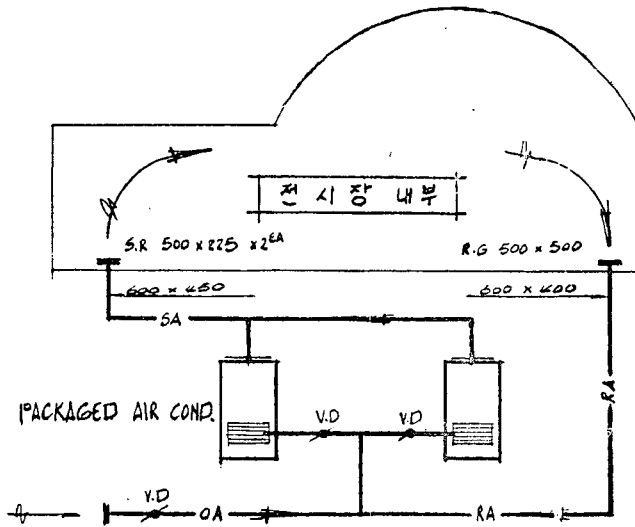


그림 7: 空氣調和 系統圖

Evaporators: 4Row 24"×18"

Condensers: 4Row 24"×18"

§2.4 改善方案

1) 窟內의 結露現象을 徹底히 防止함은 勿論, 더 나아가서 이를 恒溫恒濕的(20°C±2°d. b. RH 45%±5%)으로 維持함을 原則으로 하고, 또한 窟內空氣를 充分히 깨끗하게 維持하기로 한다.

2) 空氣調和機가 作動할때 窟內 騒音度를 50

db 以下로 維持시키게끔 한다.

3) 이런 原則을 爲하여 空氣調和設備를 別添設計圖(그림 3~9)와 같이 全面改修하며 그 大要는 다음과 같다.

1. 空氣調和機로서는 恒溫恒濕室用인 Trane Model KWOB-30型(別添) 2臺를 使用하고 其中 1臺는 豫備用으로 한다.

2. 空氣調和機 Condenser에서 나오는 溫水

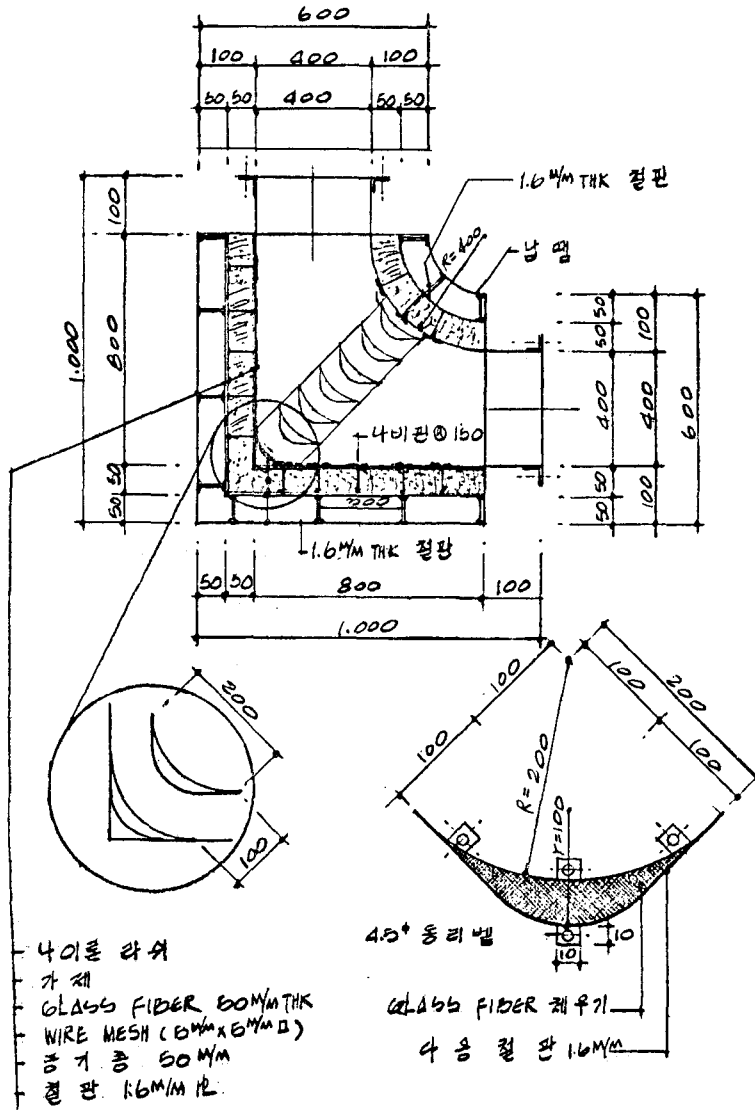


그림 8: 騒音 Elbow 詳細圖

(35°C)는 窟內後室 바닥 Panel Heating용으로 使用하여, 中央佛像받침돌 表面 등의 過冷을 防止 한다.

3. 送氣口와 還氣口는 現位置를 그대로 利用하되 送氣 및 還氣덕트는 嚴重한 吸音處理를 하도록 한다. (그림 5, 6, 7, 8 참조)

4. 室內空氣를 깨끗하게 維持시키는 機能은 空氣調和機內的 高性能 air filter의 活用과 充分한 新鮮外氣의 使用으로 可能하게 한다.

5. 冬季의 加濕用 물은 窟南側의 集水井內에 自動式揚水 Pump를 設置하여 그 給水配管으로 空氣調和器까지 連結하기로 한다.

參 考 文 獻

1. 石窟庵修理工事報告書 文化財管理局
2. 氣象年報 1970 中央觀象臺
3. 文化財의 科學的 保存管理에 關한 調查研究,
1968 科學技術處刊行
4. ASHARE Guide Data Book, 1962 by American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.
5. 金孝經, “石窟庵의 除濕裝置,” 空氣調和, 冷凍工學會誌, Vol. 3 No. 3, 1974.

(편)(찬)(안)(내)

空氣調和 · 冷凍工學會 編纂

기 계 설 비 표 준 시 방 서

= 目 次 =

- 제 1 편 일반공통사항
- 제 2 편 위생설비공사
- 제 3 편 공기조화설비공사
- 제 4 편 승강기설비공사
- 제 5 편 가스설비공사
- 제 6 편 우물설비공사
- 제 7 편 정화조내부설비공사

體 裁 : 菊版洋裝 美色模造紙 本文 164頁

頒布價 : 會員 700원 非會員 900원

連絡處 : 空氣調和 · 冷凍工學會 ㉠ 7363