

京都大学教授 工博 西村 秀雄  
 京都大学工学部 工〇青木 信美

I. 緒言

このたび法隆寺金堂の落慶をみて、ここに昭和の大修理として五重塔、金堂の完成を了えたことは慶賀の至りである。

それにしても我が国最古の木造建築としての法隆寺の解体修理を巡って今迄秘められていた多くの問題が科学的方法で明るみにだされ又今後も解明されていくことであろう。而してそれは建立年代に関する長年の論争等にも拘らず依然多くの謎に包まれたこの寺の真実に少しでも接近しうることとなろうしそれは又世界的文化遺産を預かる私共の義務でもであろう。私達冶金学に携る者としてもその一助になればと法隆寺修理事務所の御協力により解体時迄使用してこられた五重塔、金堂の釘についての研究を行つたので今日迄にえられた結果につき報告する。

II. 採取試料

試料の釘は檜、裳階板榭、天井廻縁などよりえられたもので建築学者等により明らかに当初の儘であると思われる木材からえられた釘、その後の鎌倉時代など中世及び慶長、元祿の修理に際し取替えられた木材に打ちつけられていた釘を夫々の時代を代表する釘として Table 1 の如く五重塔四種、金堂三種をえた。

III. 実験方法及び結果

試料の形状は Photo. 1 に示す如くである。尙これは研磨後 HCl : 水 = 50 : 50 にて macro-etching 行つた写真である。

長さは No.1 12cm, No.2 15.7cm, No.3 14.2cm No.4 4.75cm, No.A 20.2cm, No.B 24cm, No.C 18.8cm であり中世のものは特に長大であり、元祿の釘は小釘である。尙、慶長、元祿の釘はその頭部の形状、加工法が他の時代の釘のそれと異なる。即ち後者では釘の芯部をその儘扁平に叩き曲げてあるが前者では頭部を別に作つて差し込むようにして鍛接してあり、その頭部は厚さは薄いが面積は広がっているのが特色である。

Photo. 1 からその組織は種々の炭素量の組成のものが縦に縞状に鍛錬せられその間に鉄滓や crack を残している有様が認められた。その他 stead 試薬による腐蝕などの macro 的観察を行いその偏析の様子を調べた。

斯様に非常に偏析及び鉄滓による因子の大きいことが

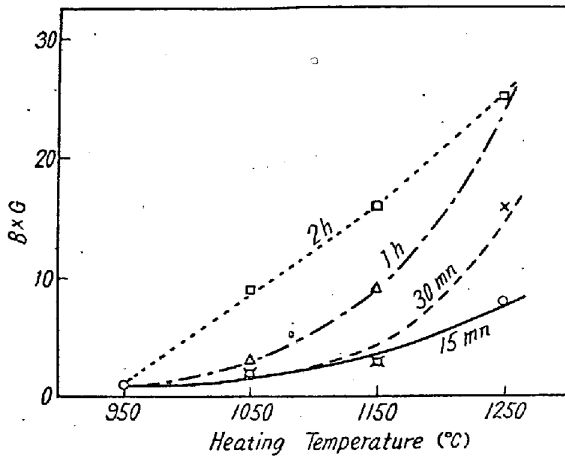


Fig. 1. Relations between permeation of scale, heating temperature and time. (Rimmed steel)

3. 高温加工による表面疵に就いて

高温加熱後直ちに曲げ試験を行い、その結果の微細な表面疵に及ぼす表面酸化の影響を検討した。リムド鋼の場合の疵の程度 (10倍に拡大して等級別にする) と加熱条件との関係は Fig. 2 の如くで、疵の程度は 1050°C 以下では加熱時間に余り関係なく且つ少ないが、1150°C 以上では加熱時間の増大と共に疵の程度は大となつてい

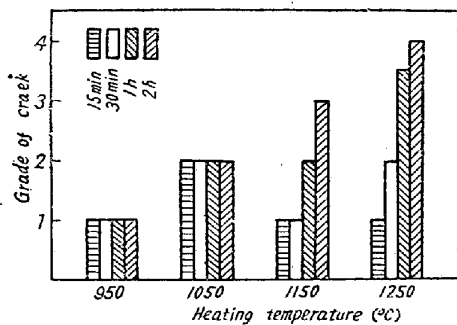


Fig. 2. Relations between bending crack, heating temperature and time. (Rimmed steel)

る。之等に就いて加工条件を変えた場合の変化を酸化、スケールの滲透及び非酸化性元素の富化と関連づけて考察する。

(64) 法隆寺五重塔及び金堂修復に際し  
 えられし釘に関する研究

(Research on the Ancient Nails which were Used at Go-Ju-no-Tō and Kon-Dō in the Horyu-Ji)

Nobuyoshi Aoki, Lecturer, et alius.

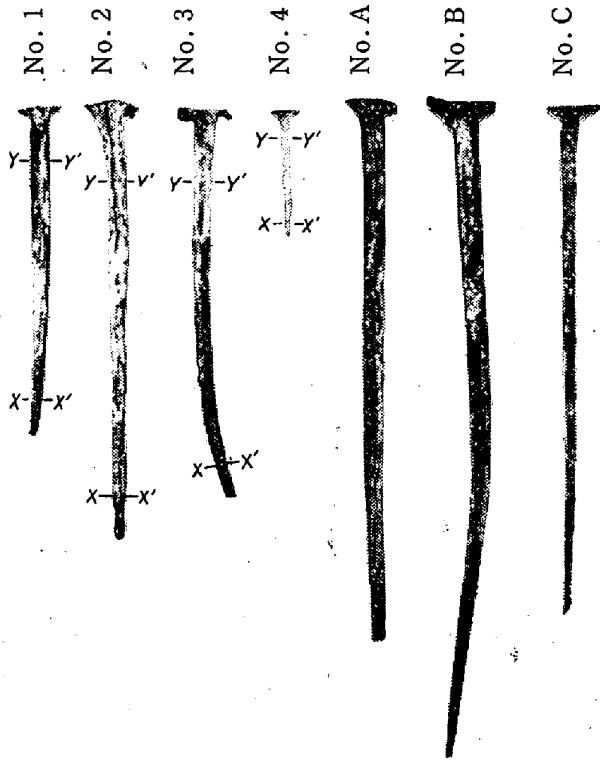


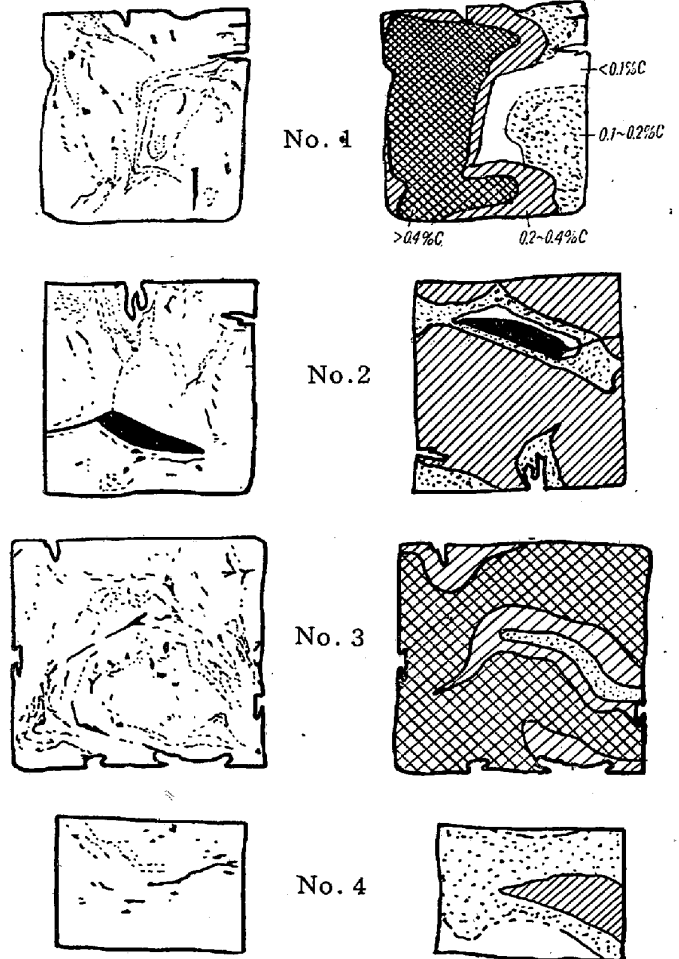
Photo. 1 ×3/4

考えられるがその化学分析の結果は Table 1. の如くである。尙、炭素量は顕微鏡組織によることにした。又カントメーターによる分析を行つたが偏析の為良品結果をえられなかつた。火花試験を行つた所、慶長、元禄期の釘ではその炭素量に相当する火花の出るのが妨げられるようである。

Table 1 中薬師寺月光菩薩鉄心は先達つて私共が行つた研究の際えられた結果を参考迄に掲げたものである。これと比べる時特に Mn 量が甚だ多いのが認められる。本邦古代の地金は大概ね Mn は皆無か痕跡程度でその製錬法も態々 Mn を加えることはない故多分製鉄原料に Mn を含んでいたらしく、何所の鉄鉤を使つ

たかは興味ある問題といえよう。

鉄滓の介在状況及び炭素量は顕微鏡により各部に亘り調べた。Fig. 1 は Photo. 1 の XX' 断面のスケッチで鉄滓の介在及び炭素量を示す。



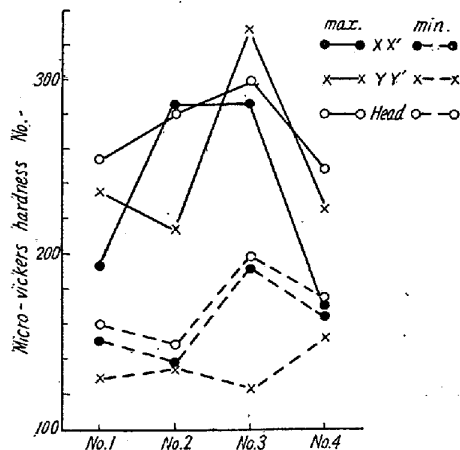
Distribution of slags      Distribution of the carbon  
Fig. 1. Section of XX' in Photo.1 ×15 (2/5)

一般に鉄滓の分布模様、形状、大小からその鍛錬状態を推察し、凡て鍛接により作られているのを認めその調

Table 1

Sample No.	Periods and places where the nails were driven	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%	Ti%
No. 1	The time of establishment. Veranda. The middle age. Taruki. The Keichō period, Taruki. The Genroku period, Taruki.	0.0516	0.0921	0.0187	0.011	0.02	0.025
No. 2		0.0254	0.070	0.0102	0.0085	0.03	0.036
No. 3		0.0610	0.056	0.0201	0.0140	tr	0.015
No. 4		0.0094	0.106	0.0279	0.1645	tr	—
No. A	the time of establishment. Mokoshi. the Kamakura period, Taruki. the Edo Period, Taruki.	0.0206	0.084	0.0695	0.0063	0.06	—
No. B		0.0374	0.037	0.0332	0.0041	0.01	—
No. C		0.1140	0.065	0.0250	0.0085	0.29	0.006
The iron shaft of the Gatsu-kō-Bosatsu (Buddhist image) in Yakushi-Ji		0.063	0.004	0.018	—	—	—

子や粗細の度合を調べると共に Micro-Vickers 硬度計で各部分の硬度を求めた。Fig. 2 は五重塔釘の各部断面の硬度中の max. 及び min. 値を示しているものである。



Fi. 2

当初の釘は高炭素材と低炭素材が最終的に鍛接されたらしく割合硬度低く、中世の釘は殆んど均一な地金を丸鍛えしたらしく先端部は特に微細な結晶になっており硬度も高い。慶長の釘は大部分が高炭素で鍛錬は割合粗く少しく急冷組織を認め、硬度変動大、元祿の釘は低炭素で硬度も低く可成り均一化されているのを認めた。

### (65) 高周波中断焼入に関する研究 (II)

#### (Research on the Self-quenching of the Induction Surface-Hardening II)

Yūko Mitani, Dr Eng, Lecturer, et alius

京都大学教授 工博 西村 秀雄

浪速大学教授 工博〇三 谷 裕 康

#### I. 緒 言

前報で述べた Stop-quenching (西村, 三谷, 水馬, 本誌, 昭和 29 年 6 月号, 609 頁参照) は高周波焼入の噴射水冷を中断し、マルテンパーリングと同じ原理により水冷中断後徐冷してマルテンサイト変態を徐々に進行させ、変態応力を軽減し焼割を防止する焼入方法であつたが、マルテンパーリングの場合と異り、熱応力は除去されなかつた。なお焼入歪はマルテンパーリングと同じ原理によつて著しく軽減された。

今回の Self-quenching は Stop-quenching の逆の焼入方法であるが、高周波焼入の特性を生かして、鋼の

恒温変態の原理を利用した事には変りがない。乃ち、高周波加熱後直ちに水冷せず、一定時間放冷して後水冷する焼入方法である。此の場合変態応力よりも熱応力が軽減される。

高周波加熱の場合は被加熱物の表面のみが加熱されるのであるから、加熱を中断して放冷する場合、熱が中心部の非加熱に伝導し、冷却速度が全体加熱の場合よりは早い。したがつて適当なる放冷時間を選定して水冷を行うならば、比較的の高い硬度が得られ、且つ応力の軽減が可能となり、焼割防止に役立つと考えたのである。

Self-quenching と命名した理由は、放冷が可能であるという事が、特殊鋼の Self-hardening property (自硬性) と大いに関係があり、而かも完全なる Self-hardening では高い硬度が得られないので、放冷途中から水冷を行つて高い硬度を得るのであるから Self-quenching が適当ではないかと考えたのである。Stop-quenching と同様高周波焼入に限つて使用すべき術語としたい。海外の文献にはかかる焼入方法を行つた様子がないので、特に我々が命名した次第である。

#### II. 実 験 結 果

試片の大きさは、直径 30mm, 厚さ 10mm であり、高周波加熱条件は 25 kW, 3.0 秒加熱であつた。試片の化学組成は下表の如し。

Chemical composition of specimens.

Steel	C	Si	Mn	Cu
Cr-Mo steel (A)	0.44	0.23	0.42	0.30
" (B)	0.35	0.32	0.48	0.20
Carbon steel	0.42	0.15	0.45	0.23

Steel	Cr	Mo	P	S
Cr-Mo Steel (A)	1.31	0.40	0.027	0.023
" (B)	1.19	0.28	0.024	0.017
Carbon Steel	0.10	—	0.027	0.016

いずれも前処理として真空中 850°C で 1 時間加熱後空冷を行い、結晶粒を微細化した。但し Cr-Mo 鋼の一部は炉冷後、700°C で 2 時間真空焼鈍した。

之等の試片を夫々同一条件で高周波加熱後、コイルに装置したままで放冷し、或る時間を経過してから噴射水冷を行つた。放冷時間と硬度との関係を Fig. 1 に示す。Cr-Mo 鋼はいずれも変態速度が遅いので 10 秒放冷しても、その硬度は瞬間水冷の場合と変らない。したがつて 10 秒以上は大体 20, 40, 80, 160 秒を 2 倍宛等比級数的に放冷時間を延長した。Cr-Mo 鋼 A 調質の硬