

研究



鋼橋の防錆法に就て

池 本 泰 兒

標題は甚だ嚴めしいが私が此處に書かうとするものはほんの思ひ付に過ぎない。其の思ひ付も六月一日に名古屋市に於て土木學會名古屋支部での講演で『パーカライジング』（磷酸鹽皮膜鐵鋼防錆法）の話聞いたのに依る。

私がアフガニスタンで働いてゐた頃其處の骨董屋で古い刀を買つた。別に手入をしてあるものでなかつたけれども少しも錆びてゐなかつた。夫れを更に一年の餘も手入れもせず部屋の隅に立てかけて置いて置いたけれども少しも錆びな

い。アフガニスタンの様に空氣の乾燥した處では刀の様なものは全く永久に錆びないのかも知れない。處が日本に夫れを持つて歸へつてから忙しかつたので暫く放置して置いたのを一夏濟んだ頃抜いて見たら眞赤に錆びついてしまつてゐた。

又印度内地の旅行中鐵道沿線に家畜が線路内に入つて來るのを防ぐために細いL型鋼の柵がしてあるのを見た。之れが日本だつたら數年のうちに錆崩れてしまふであらうと

私は考へてたのである。日本の氣候は世界一の鋼鐵を錆させる地域である様な氣がする。

アフガニスタンの空氣の乾燥してゐる状態は、乾海苔や煎餅を空氣中に放置してゐても一年中パリパリしてゐて日に於ける如何なる處理の元にあるよりも乾燥程度が強い。鯉節は打ち碎いて粉末にするより他食べられないし、煙製の豚や鮭は現地に着いた時には丁度鯉節の様になつて居り之を日本風に切らうとして大骨折りをして遂に根負けして數日置けば既に粉末にするより他方法がなくなつてゐる程度である。向ふの湿度を計つたことがないから判らないが日本の湿度が六十パーセントから八十パーセントであるのだからどうしたつて五十パーセント以下である。

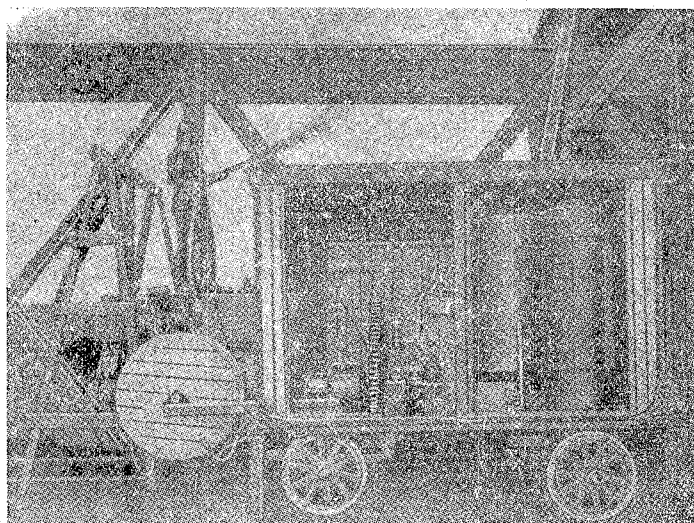
空氣の湿度が五〇パーセント以下であれば、鋼鐵は錆びず永くその光澤を保つものださうである。常溫の空氣中に於ける鋼鐵の錆化は水分の作用の下に起るもので空氣の湿度七〇パーセント以上だつたら加速的に進行するものである。乾燥した空氣中で鋼鐵が錆びないのは鋼鐵自身が其の

全表面に空氣中の酸素を引きつけてゐるからで夫は鋼鐵と酸素との間の化學的親和力に依るので、其の酸素の引きつけられてゐる状態は鋼鐵表面に酸素原子一列の層となり安定な酸化物の層を生ずるので鐵は夫れ以上何等の變化が起らないのである。

研磨した鋼鐵を水中に漬けた場合表面に錆が點々と起り全面一樣でないのは安定な酸化物被覆が存在する爲で錆はその被覆の毀損した部分から發生し次第に全面に及ぶのである。

即ち鋼鐵の錆は水と酸素との化合物であり之は水酸化第一鐵と水酸化第二鐵との混合物である。水酸化第一鐵の酸化がなければ鋼鐵は實際に錆は生じないのであるが水中に酸素が溶解してゐる場合は鋼鐵表面に生成する水酸化第一鐵は酸化され更に過剰の水の作用の下に水酸化第二鐵なる粗鬆な化合物に變化する。之が赤錆である。然して之が鋼鐵表面の化學變化を加速的に進行せしめる性質がある。含有する水の量及鐵化合物の性質によつて錆は種々の色彩を

呈する。赤錆に於ては水酸化第二鐵を主とし水酸化第一鐵の量が少ない場合で水酸化第一鐵の量が多い錆は黄色である。雨あがりに鐵道軌條の表面が黄色になるのは水酸化第一鐵の量が多いからで、尙水分が供給せらるれば水酸化第二鐵が多くなつて赤錆となるのである。之れが逆に次第に酸化され水分を失へば赤褐より茶褐色となり遂に酸化第二鐵を主とする黒褐の錆へ變る。鋼鐵を黒金と稱する所以である。即ち錆の生成の後充分の乾燥と酸化とがあれば質比較的緻密なる被覆となり其の後の水と鋼鐵との作用を阻止することになるのである。



第一圖

空氣中には充分の酸素が含まれてゐる。だから空氣中に放置せられてゐる鋼鐵表面が錆びるには水分がある時に限る。空氣中に含まれる水分が鋼鐵面に凝結し得る程度として常溫の濕度七〇パーセント以上なのであるから夫れ以上の濕度の空氣中では錆化が顯著となるのである。

鋼鐵は酸素と水分の作用の下には飽まで錆びる。濕潤な状態に於ける錆化に依る鐵自體の消耗は一ケ年に鋼鐵の厚さとして一耗乃至夫以上にもなる。特に水中に酸類又は鹽分が含有する場合には錆化が著しく進行する。空氣中の炭酸瓦斯は水に溶解して酸として働くから其の錆化の加速作用をなさしめる。粗鬆な錆となつて

表面より失はれる鋼鐵は最早取り返へし得ないので其の失はれる。錆の中の鐵分は大體五十乃至六十五パーセントで相當多量である。

クルノー氏は世界一年の鋼鐵産額の二十五パーセント、米國のスペラー氏及ギルトラー氏は四十パーセントが錆びの爲に一ケ年で消耗されると云つてゐる。且つ鐵を錆びるにまかせて置くならば全世界の鋼鐵使用量の約二パーセントが毎年錆化に依つて失はれ、其の量は大體三、四千萬噸に及ぶとのことである。英國に於ける調査によれば腐蝕に原因する鋼鐵の損失は年々五十億圓であると云ひ、又ローガン氏は北米合衆國のみに於て地下に埋没する送油、水道、瓦斯の鐵管の腐蝕による損失は一ケ年一億弗に及び米國材料試驗協會の發表では米

國全體の鐵の錆に依る損害は一年三億弗と云はれてゐる。

又獨逸一ケ國に於ける鋼鐵の錆化に依る損失をシュパー氏は毎年五億二千萬圓に及ぶと發表されてゐる。

四面環海の吾が國では大氣中に平均五萬分の四の鹽分を含んでゐる。濕潤な風とを持つてゐるために鐵道省の調査に依ると鋼鐵の錆びる速度は米國の三倍乃至五倍と見積られてゐる。之等を綜合して見ると吾が國に於て錆化に依る鋼鐵の消耗は年々百萬噸に及ぶのであるかと思はれる。

界の鋼鐵の生産額と腐蝕に依る消耗とが同一量に達したと

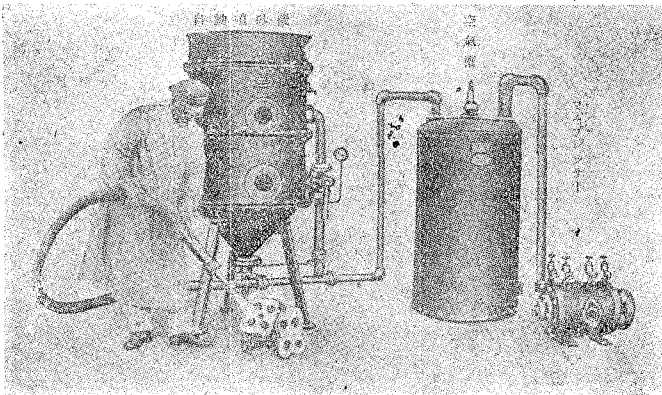
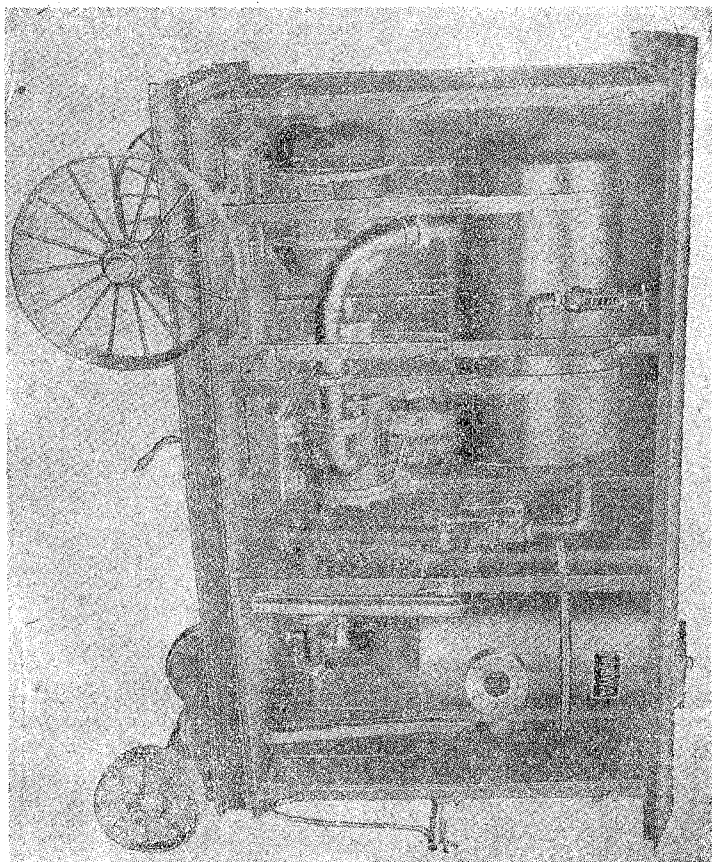


圖 第二

警告を發せられ又
グレゴリー氏は全
世界の鋼鐵は今後
百五十年か二百年
で盡きると説いて
居られることなど
から考へて鋼鐵が
補給の出来ない消
耗品であると云ふ
風に考へれば吾々
は鋼鐵の經濟的調
整法に就て充分の
研究をしてゐなけ
ればならないこと
を充分に考察せら
るべきである。

鋼鐵の經濟的調



第 三 章

一四

整法として考へら
れるものは、鋼鐵
に對する代用品の
使用と腐蝕の防止
との二つが考へら
れる。私は此處で
鋼鐵の腐蝕の防止
に就て述べやうと
思つてゐるのであ
るから鋼鐵の代用
品の使用の研究に
就ては今は觸れな
さ。

處で私が鋼鐵の
腐蝕防止に就て述
べやうとは云ふも
のの實は私に於て

も名古屋で講演を聞くまでは鋼鐵の防錆に就て全く無關心であつたのである。講演を聞いても其の防錆法が特殊なもので其の時には未だ良く判らなかつたから少し手元にある書物を調べて見たのであるが、手近かにも相當澤山の防錆の研究書があるに先づ驚き且つ自分の無智だつたのに更に呆れたのである。私自身が無智であつたことは私自身の恥であつて敢えて廣告する必要のないことであるが、若しも日本の土木技術者のうちに私と同じ様に鋼鐵の腐蝕に無關心であつて國家に損害を興へてゐる方が少しは居られるかも知れないと思つたので恥の上塗をする様な文章さへ書かうと思ひたつたのである。

先づ吾々の預かつてゐる細々とした鋼鐵製品として、レールとか車輪とか土運車の附屬金具とか、之れは殆んど防錆をしてゐない露出された鐵鋼材である。之れ等が壓延せられ或は鑄造せられた新製品には黒色の四酸化鐵の被膜 (F_2O_4) が出來てゐる。之れは腐蝕を防ぐ効果のあるものであるが、之れが一部脱落してゐる場合は却て錆化を

早めるものであるから新しく購入したものは、直ぐペイントとか油とかコーラールとか石墨粉とかセメントとかを之れに塗布して置く様にしなければならぬ。之れは木材に防腐材を塗るのと同じ程度の常識にして置かなければならぬものであると思ふ。鋼鐵面に粗鬆なる錆を附して置けば水分を吸収して錆化を加速して鐵を急速に消耗せしむるものであるからである。

處で其の貯藏であるが、前述の様に空氣の濕度が多い程急速に錆化するのであるから出來るだけ乾燥せしめて置く方法を採らなければならない。出來るなら乾燥した倉庫のなかに相當地上から離して貯藏出來れば之れに越したことはないが、雨曝しにして置くとしても充分に地上から高くあげて空氣の流通を良くする様な積み方にした。粗鬆な赤錆と云ふのは水酸化第一鐵と水酸化第二鐵の混合物なのであるが、之れが尙酸化され良く乾燥させて水分を除けば酸化第二鐵となつて黒褐色の錆に變化する。之れは質比較的緻密な被覆となつて夫れ以上の錆化を阻止する働をする

ものであるから、常に乾燥せしめて置くことを念頭にに入れて居なければならぬ。

一體に日本人は材料の素材に塗料を塗ることを好まない性質がある様に思はれる。木材にしても柿澁の如く塗つても素材を其の儘表現してゐる様なものを好む。夫れでなければ逆に漆の如く全く塗料夫れ自身の美しさを出さしめて素材を全く殺してしまふ様な方法を探つてしまふ。木造船にした處で和船の素材其の儘なのと洋船が常にペイント塗のものである程の國民性の相違がある。私自身に於ても自分の家の板塀に防腐材を塗ることの嫌さに數年にして遣り直しをしなければならぬ程の不經濟をしたものである。此様なことが鐵材に對しても塗料を塗ることを防げてゐるのではないかと考へられる。

次に混凝土と一緒に使用する鐵筋や鐵骨等に就てであるが、之れとても壓延された儘の四酸化鐵の被覆があり然も夫れが鋼鐵表面と離脱した部分を完全に取り除いて用ひなければならぬものだと思ふ。混凝土との附着力の爲に多

少錆のついたものがいゝといふ様なことがいはれてゐるが之れは決して水酸化鐵の赤錆であつてはならないものだと思ふ。赤錆を附けた儘のものを用ひると之れが水分を吸収して一層鋼鐵の腐蝕を速進せしめ且つ附着應力を失ひ、又水酸化する時の膨脹に依つて周圍の混凝土を破壊する様なことも起るであらうと思ふ。就ては使用前の貯藏には充分に用意して水酸化鐵を生ぜしめない様にしなければならぬと思ふ。之れにはセメント泥等を塗つて置く様なことも良いのではないかと考へる。

又機關車や輻壓機や混合機や浚渫船の如きは赤錆を附さない様にペイント塗の處は常にペイントを以て保護し、露出の處は常に油を塗つたりして手入れを怠つてはならない筈である。

最後に私が最も其の防錆に心を用ひなければならぬと思ふのは鋼鐵橋に就てであるが、之れは普通壓延せられ工作せられた儘の黒色の酸化鐵の被膜の上に光明丹を塗り其の上に二回乃至三回のペイントを塗つてゐる。私は此方法

でも差し支へないと思ふのであるが、實際に於て橋梁技術者は此ペイント塗裝に就て随分無關心でゐるのではないかと思つてゐる。或はペイントの智識に就て不十分でないかとも思ふ。ペイントの配給や塗裝方法は充分念入りになければ効果の少ないものなのであるから之を無關心に請負等の方法でやつたのでは到底完全なる防錆にならないと考へてゐる。

從來の方法としても光明丹やペイントに就て充分の智識を持ち、且つ塗裝法に遺漏のない方法でやるとしても尙之れは外國に於て實施してゐる儘のものでないが。吾が國の風土は特に錆化が激しい處なのであるから吾々は充分に吾が國に適した防錆法に就て研究しなければならぬ筈である。夫れを逆に塗裝に就て無關心であり、且つ日本人の國民性として材料の耐久力に對する考へが乏しいのであるから吾々は強度の努力を以て防錆法を考究しなければならぬと思ふのである。

曩に述べたレールとか車輪とかの鋼鐵製品の場合には相

當錆化しても尙使用に耐へる。極端ないひ方をすれば消耗してしまふ迄使用が出来るものもあると云へる。處が橋梁の如きは或る程度消耗すれば忽ち其の橋梁の耐力を失ひ之を架け換へなければならぬのである。即ち鋼鐵製の建造物は他の鐵製品と違つて錆化に依つて建造換と云ふことがあるのであるから特に入念に防錆法を講じて置かなければならないものである。

私は吾が國に適する防錆法を研究しなければならぬと云つたのであるが、夫れ迄しなくても吾が國の艦船技術者の防錆に對する研究を學ぶだけでも必要なことだと考へるものである。錆に對する研究ペイントの性質に對する研究及塗裝方法に對する研究等に就てである。

今内務省土木試験所發兌の「本邦橋梁輯覽」四冊から鋼橋を拾ひ出して見ると、其の數二百二十四橋、其の鋼材噸數十三萬五百九十一噸となる。本輯覽に擧げられたものは特殊の設計に依るもの及び著名なるものを選んであるのだから吾國全部の鋼橋材を上述のもの二倍と假定するなら

ば其の噸數は二十七萬噸となるのである。若し之れが年々二パーセント宛消耗するとすれば五千四百噸宛消失することになるのである。若し之れを三〇年目に架換へなければならぬとしたならば、即ち三〇年間に一廻り架換へなければならぬのであるから遂ひには吾が國の橋梁を全部近代橋に架換へると云ふ様なことが全く不可能になると云ふ考へ方も出来ると思ふ。

年々二パーセント宛消耗すると云ふ假定が、甚だ過大であるかの如く見えるが、誰でも吾が國の道路鋼橋に於て完全に防錆せられてゐるものが、又は完全と云はなくてもペイントの剝離に對して充分なるペイント塗換へをせられたものがあるかどうかを見られれば明瞭に了解せられることであらうと思ふ。

現在普通やつてゐる方法即ち壓延せられた時の黒色の酸化鐵の被膜の少しも赤錆の出ないうちに完全なる光明丹を完全に塗り、其の上に二回乃至三回の完全なるペイントを完全に塗るならば先づ私は差し支へないと思ふ。然し如何

に完全に塗装しても其のペイントは薄れて來るから薄れた際には之れを上塗りしなければならぬ。又斯く塗装してあつても塗装の下に於て赤錆が出来るから斯かる部分は完全に之れを除去し再び光明丹とペイントを上塗する様にしなければならぬ。

處が上塗ペイントが薄れた位の時にペイントの塗換へする様なことを吾國では殆んどやつてゐないので、普通赤錆に覆はれる迄放置せられてゐる。赤錆に覆はれる様になつたものを塗換へる時に残存のペイントを引掻き又は手摺等の方法に依つて剝くのであるが之れではどんなことがあつても完全に赤錆を除くことは出ない。其の赤錆を残した儘其の上に光明丹やペイントを塗つても直ちに其のペイント被膜の下に赤錆が成長するものであるから、之れでは高價な塗換費の効果を充分に發揮出來ないのである。私は此場合どんなことがあつても噴砂機を使用する等の方法に依つて完全に赤錆を除いて塗換せられる事を提唱するものである。

從來鐵骨、橋梁等の鏽落しやペイント落しには、手摺法又は電動刷毛、電動回轉削器等の工具類を使用して打ち又は削り取り更に薬液を以て洗滌する様な方法を探つてゐたが之では凹凸の個所や或は鏽の固着しか部分等は到底完全な成績を擧げることも出来ず、且つ酸類を使用する様な場合は之を中和させるとしても毛細管作用に依つて深く浸入した酸類の爲に金屬の強度を弱め且つ其の上にペイントを塗布しても酸類の蒸發に依つて内部から腐蝕して鏽を生じて來るのである。

之を若し噴砂機を使用するならば如何に固着してゐる鏽皮やペイント等でも且つ材料の凹凸を問はず凡て完全に除去られ且つ材料の表面には些少の鏽をも殘留することなく、又適度に鋼鐵表面を粗面にするから之を下地として夫れにペイント等を塗れば完全に附着し容易に剝脱することが無く且つ其の作業も迅速に出来るのである。

第一圖は可搬式噴砂装置に依つて鐵骨の鏽落しの作業中の寫眞である。第二圖は噴砂装置を示したもので之れを簡

單に説明するとコンプレッサー（回轉式のも往復嚙子式のものもある）で所要の空氣を得て之れを空氣槽に送り水分及油を分離して噴砂機に送り此處で空氣と砂とが充分に混合してパイプ及其の先端のノズルより噴砂せられるのである。この時作業者は塵埃を呼吸しない様に防護してゐなければならぬ。（前掲）

第三圖は移搬式噴砂装置であるが、之れは噴砂機、電動機、空氣、壓縮機及空氣槽を車臺上に取付けて自由に運搬出来るもので架設橋梁等に作業するに便利であると思ふ。

其の性能としては動力二五馬力で、空氣壓縮機は六〇乃至一五〇立方呎、一時間の作業能率は三〇乃至二〇〇平方呎であると云はれてゐる。（前掲）

處で上述の光明丹であるが、此光明丹は防鏽劑として古い歴史を持つのであるが、之れは鉛の酸化物のペイントであつて鉛の化合が割合強固でなく金屬鉛を遊離し易い。鉛は鐵よりイオン化傾向に於て陰性であるために腐蝕の原因となるので一酸化鉛や亞酸化鉛の様な陰性の金屬を防鏽塗

料に含ましめるのは有害であると云ふ説もある。夫れで鹽基性クローム酸鉛を防錆塗料としたものも既に市場に出てゐる。斯の様なものも比較研究して見る必要がある。

クロームを鐵に合金にすれば其の表面は安定なる酸化物の被覆が出来且つ毀損しても夫れが再成するので完全な防錆となる。實用上の錆ない鐵合金は、クロームが一三パーセントを含有してゐるのである。然し橋梁の鋼材に錆ない鋼を用ひると云ふことは經濟上出来ないであらうからクロームをペイントにしたものを利用すると云ふことは考へ得られる。

鐵を亜鉛鍍金することも立派な防錆である。單に亜鉛が物理的に鐵を被覆するばかりでなく亜鉛が剥けて鐵が出ても亜鉛が陽極となつて自ら水分に溶出するから鐵は腐蝕を防がれると云ふこともある。然し亜鉛鍍金は橋梁材の様な大きなものには六難しいものであり、且つ經濟上に於ても困難だと思ふ。且つ吾が國には亜鉛資源に乏しいから、一般的に使用すると云ふことも出来ないと思ふ。然し橋梁部

材中細いもので且つ腐蝕の多い部分には亜鉛鍍金をして之れに上塗ペイントを塗布すると云ふことだの又亜鉛を中心とする塗料のことも吾々は研究して見る必要がある。

次に略完全に近い防錆塗裝下地としてパークライジングの方法がある。之れは米人パークー氏の名前に依つたもので日本語にすれば磷酸鹽皮膜鐵防錆法（と云はれるものもあるが、之は磷酸鐵法）磷酸亜鉛法の發見後、工業的に磷酸滿掩法となつたものである。之は鐵製品を噴砂機の方法か或は酸槽に浸すかして完全に鐵表面を清淨化して之れをパーニューダー（米國の特許品）の水溶液中に浸漬して九七度乃至九八度耗に一時間足らず加熱處理することに依つて其の表面に不溶性磷酸滿掩及磷酸鐵の皮膜を密實一體に生成せしむるものである。磷酸鹽皮膜は微細な結晶の集積したものであるから一部分が錆びても之は蔓延しないし且つ表面が稍々粗鬆（油磨石の表面に似てゐる）で塗料の密着がよいのでパークライジングしたものにペイントを上塗したものは殆んど完全と云つてもいゝ程の防錆が出来る。

だが此防錆法は今日では値段が高い。私の見當では光明丹及びペイントの方法の七八倍にはなると思ふ。夫れに現在の工場では精密鐵製品の防錆に主力を入れてゐるから巨大な橋梁部材等に加工する様な設備も出來てゐない。然し橋梁技術者としては之れを鋼橋に應用する方法も研究する必要はあると思ふ。殊にパーユバウダーの原料は磷酸と滿鐵鐵であつて充分國産品で間に合ふものださうである。

書いた。考へ違ひした處もあらうかとも思ふのであるが、咆私の云ひたいことは、吾が國は世界的に鋼鐵の腐蝕し易い風土を持つて居る處であり、且つ日本人の性質は耐久性と云ふことに割合無關心なのであるし、又鋼材の腐蝕に依る消耗は巨額に及ぶものであるから日本土木技術者は充分に鋼鐵の防錆方法に關心を持たれて、一層の研究をして頂かなければならないと思つたので敢えて思ひ付を書き綴つたのである。御諒承を得たい。

土地工作物管理使用收用令に就て (完)

田 口 二 郎

目 次

- 第一 總 説
- 第二 管理、使用、收用の意義
- 一 管 理

- 二 使 用
- 三 收 用
- 第三 管理、使用、收用の當事者
- 一 管 理、使用、收用の主體