

橋梁構材の腐蝕調査

鐵道院技師 塚本小四郎

同 技師 張 忠 一

一、調査橋梁

- (イ) 山陰線餘部陸橋(橋脚)
 - (ロ) 北陸線庄川橋梁(二百呎構桁)
 - (ハ) 東海道線山北駿河間二百呎構桁
- 二、前項橋梁の經過

(イ) 餘部陸橋は明治四十四年十一月竣功せしものにして其の鋼材はアメリカンブリッジ・コンパニーのペンコイド鐵工場の製作に係り左記示方抄に基きセール、フレザー商會より納入せられたるものなり。

- 1、製鋼方法 オープン、ハース、プロセス
- 2、化學的成分

ベシック法に依るもの

燐素アシッド法に依るもの

硫黄

〇・〇四%以下
 〇・〇六%以下
 〇・〇五%以下

3、物理的性質

抗張強 每平方吋

六〇〇〇〇封度以上

伸張率 標點間距離八吋にて

1,500,000
伸張率 %

破斷面の状態 絹絲狀

破斷することなく氣溫にて屈曲すること 百八十度以上

4、製鋼者は各熔鋼を注入する際採取したる試験片に就き炭、燐、硫黄及滿俺の定量分析を爲し之を監督官に提出すへし。

監督官に於て必要と認むるときは輾壓濟の製品より更に分析試験を爲さしむことあるへし此の場合に於ては前號規定の限度を超過すること二割五分迄は之を許容す。

然るに數年を出てすして大正二年頃より鋼鐵橋脚に於けるレーシング、バーに浮錆及腐蝕の生せるを認め漸次増大し三年末(竣功後僅に三年)に及んで一部取換の必要を感じるに至れり、當時ペイント塗換のみを施行し六年八月に至り、腐蝕レーシング、バー約五千四百餘枚の内其の最も甚しきもの二百枚を取換へたり。

(ロ) 庄川橋梁は明治三十四年一月竣功せしものにして其の橋桁は亦ロバーツ、エー、エンド、ビー、コンパニーのペンコイド鐵工場後アメリカンブリッジ、コンパニーに併合すの製作に係り其の示方書には製鋼方法(シーメンズ、マルチン法又はオーブンハース法)並抗張強(每平方吋六萬乃至六萬八千封度)伸張率(二十二%)等物理的性質のみを規定し化學的成分を限定せざりき。

而して經過年數十六、七年にして構桁柱材のラチス、バー腐蝕甚しく大正六年度末に於て取換へたるもの其の數少からす即ち柱材のラチス、バー一徑間に付一千七十二枚の内取換へたるもの東側徑間七百三十九枚、中央徑間四百四十六枚、西側徑間五百六十一枚、計千七百四十六枚にして總計

三千二百十六枚に對し實に五割四分餘に相當す。

(ハ) 山北駿河間二百呎構桁

前記餘部陸橋庄川橋梁は共に米國ペンコイド鐵工場の製作に係り一は三、四年一は十六、七年にして其のレーシング、バー或はラチスバーは甚しく腐蝕し一部取換を爲すの止むを得ざるに至れるものにして攻究の要あるものと認め尙參考として庄川橋梁と同時代に架設せられたる同型式の左記二百呎構桁を調査せり。

第一 酒匂川上下各一徑間

第三 酒匂川上下各一徑間

第一 相澤川(上り) 一徑間

第二 相澤川(上り) 一徑間

第三 相澤川上下各一徑間

計八徑間

前記構桁の内第二線(下り線)の分三徑間は明治三十四年四、五月の頃竣功し第一線(上り線)の分五徑間は同年五、六月の頃架換へたるものにして庄川橋梁と同年同一鐵工場即ちペンコイド鐵工場に於て製作せられたるものなり。

而して柱材のラチス、バーは、庄川の如く甚しく腐蝕せるものなけれども既に其の徴候を呈したるもの少なからず、加之ストリンガー、ブレイシング及ラテラル、ブレイシングの既に取換へたるもの又は近く取換を要するものあり其の數及位置は左表及附圖の如し。

山北駿河間二百呎構桁ラテラル、ブレイシング、ストリンガー、ブレイシング取換濟及取換を要する數調表(大正七年六月調)

三、抗張及冷曲試験

大正五年十一月工務局保線課長より第一回に送付せられたる餘部陸橋のレーシングバー(第一號)より示方書規定の大さの二分の一に相當する試験片を削製し(レーシングバー)腐蝕減耗せる爲め規

右の外第三相澤川橋梁に於ては下り線トップ、ラテラル、ブレーシング十四本の内十本を取換ふへき豫定なりと云ふ。

橋梁名	上下線別	テラー、ラテラル、ブレーシング		ストリンカー、ブレストシング		記事
		現在數	取換を要する數	現在數	取換を要する數	
第一酒匂川	上り線	一八	〇〇	三六	〇〇	臺帳にはペイント塗換の記入なし
	下り線	一八	〇〇	三六	〇〇	
第三酒匂川	上り線	一八	〇〇	三六	一四	同 前
第三酒匂川	下り線	一八	〇〇	三六	〇〇	同 前
第一相澤川	上り線	一八	〇〇	三六	一四	ペイント塗換 明治四十年十二月 大正元年十月
第二相澤川	上り線	一八	〇七	三六	一九	ペイント塗換 明治四十一年三月 大正元年十月
第三相澤川	上り線	一八	〇一	三六	〇〇	ペイント塗換 明治四十一年三月
	下り線	一八	〇七	三六	一三	
計		一四四	一五	二八八	六一	

ペイント塗換
明治四十一年三月

ペイント塗換
明治四十一年三月
大正元年十月

ペイント塗換
明治四十年十二月
大正元年十月

同 前

同 前

臺帳にはペイント塗換の記入なし

22 定寸法のものを得る能はす)試験せるに成績左の如し。

示方書規定

試験成績

$$\frac{5''}{16} \times \frac{1''}{2}$$

$$\frac{5''}{32} \times \frac{3''}{4}$$

試験片寸法

8"

4"

標點間距離

抗張強(毎平方吋)

60,000#

66,700#

22.5%

37.0%

伸張率

絹絲狀

絹絲狀

破断面の狀態

破断することなく氣温にて
屈曲すること百八十度以上

良好

上記の如く抗張強其の他は相當にして所定に及はざるものなし。

四、檢鏡試験

(イ) 餘部陸橋第一回送付レーシングバー(第一號)檢鏡の結果鐵滓主として硫化滿俺の極めて多きを見る。

當時の報告に據ればレーシングバーのみ腐蝕し他の構材は殆んど影響なしとあり、左すれば腐蝕の原因は材質の相違にあるものと推定したり、抑も材質上腐蝕に關係あるは不純物析出歪及炭素の狀態等とす而して本材には炭素少きのみならず主として中眞部に析出し外面附近には殆んど其の痕跡たもなく歪(Flow)の存在は之を認め難く又析出(Segregation)は勿論存在するも主として中眞部のみにして外面附近には顯れざるを以て結局腐蝕の原因は不純物たる鐵滓に基くものなるに外ならず、然るに硅素、燐素等は腐蝕を助長するものにあらすして唯硫化滿俺は或は一部酸化して生したる硫酸を或は海水の如き鹽類を電介液とし腐蝕を促すものなり而して前記の如く本材には硫化滿俺の鐵滓甚だ多きを以て腐蝕の最大原因は全く之に存するものと認定せり。

圖寫押紙素臭

2306

第一號



3312

第三號(其一)



3313

第三號(其二)



3607

第四號(其二)



3608

第四號(其三)



3666

第四號(其一)



餘部 第四分

餘部 第三分

餘部 第三分

庄川

庄川

庄川

(ロ) 餘部陸橋第二回第三回送付の材片(第二號第三號)及庄川橋梁ラチスバー(第四號)

以上の材片より試験片を作り之を檢鏡し其の結果を前項の分と合せて表示すれば左の如し。

橋梁名	番 號	種 類	腐蝕の有無程度	檢 鏡 成 績		
				鐵滓の量	鐵滓析出	炭素量
餘 部	第一號	レーシングバー	腐蝕せしもの	大且極めて多し	多數にして且孰れも多量なり	〇・一〇
	第二號(其一)	レーシングバー	腐蝕せしもの	甚多し		
	同 (其二)	同	腐蝕せさりしもの	少し		
	同 (其三)	チャンネル	腐蝕せしもの	甚多し		
	同 (其四)	同	腐蝕せさりしもの	少し		
	第三號(其一)	レーシングバー	腐蝕せしもの	大且極めて多し	多數にして孰れも多量なり	約 〇・一五
	同 (其二)	同	腐蝕せさりしもの	小にして極めて少し	少數にして輕微なり	約 〇・二五
	第四號(其一)	ラチスバー	三者中 腐蝕甚しきもの	稍多し	多數にして量は普通なり	約 〇・一五
	同 (其二)	同	同腐蝕中位のもの	同	同	約 〇・二二
	同 (其三)	同	同腐蝕少きもの	同	同	約 〇・二〇
庄 川	第五號	ストリンガー ブレイシンググ	一部腐蝕せしもの	小にして多し	多數にして孰れも稍微なり	約 〇・二二

尙炭素量は内部に於ては殆んど一樣に分布せらるゝも周圍に於ては減少せり、組織は普通に
て歪等の形跡なし試験片に於ける鐵滓分布の狀態は略添附見取圖に示す如し。(見取圖省略)

五、臭素紙試験

本試験は鋼の含有する硫黄量の鑑識に最有効なるものとして廣く用ゐらるゝ方法なり、蓋し鋼の
含有する硫黄の殆んど全部は硫化物鑄滓となり幾多の微粒を爲して散在するものなれば鋼の各斷
面には右微粒の斷面も亦露出し居れり、依て稀硫酸液に浸潤せる臭素紙を鋼の斷面に密着せしむる
ときは硫化物は直に酸に作用せられて硫化水素瓦斯を生し此の瓦斯は臭素紙を侵して硫化銀を生
し之を黒色に變せしむ故に斯くして得たる印畫は其の斷面に於ける硫化物の位置、大さ及分布狀態

24
を的確に表示するものにして硫黄量の多寡を比較するの便法なり。

此の方法に基づき五、六の試験片断面より寫出せる印畫は別紙臭素紙押寫圖にして一見其の色彩の濃淡によりて硫黄量を比較し得へし。

即ち第一號及第三號の一(共に餘部陸橋の腐蝕甚しかりしバー)には硫化物鐵滓の一團となりて折出せるもの(圖中小黒線に見えるもの)多數にして且全面に涉り無數の單獨微粒(濃褐色にして擴大鏡を以てすれば一々微粒の大さ分布の状態を認め得)を有し材片原形の周圍に相當する部分よりは内部の方一層多量なるを見る之に反し第三號の二(餘部陸橋の腐蝕せさりしバー)は中心に當り稍著しき析出あるの外其の他には極めて微小の析出線及少數の單獨微粒散見するのみにして前二者と全く其の程度を異にし硫黄量の少きを示せり他の三個即ち第四號(庄川のバー)は孰れも大同小異にして略前二者の中間に位し硫黄は相當多量なるを示す。

六、分析試験

各材片の化學的成分、主として硫黄及滿俺を定量するに其の成績左の如し。

橋梁名、番號	種類	腐蝕の有無程度	化學的成分				
			炭素	硅素	滿俺	燐	硫黃
餘部第一號	一 レーシングバー	腐蝕せしもの	〇・〇七	僅微	〇・五	〇・一一	・一七
	二 同	同	〇・〇六	同	〇・五	〇・〇九	〇・九
第二號	一 同	同			〇・六		〇・八
	二 同	腐蝕せさりしもの			〇・六		〇・四
	三 チャンネル	腐蝕せしもの			〇・四		〇・五
	四 同	腐蝕せさりしもの			〇・五		〇・四
第三號	一 レーシングバー	腐蝕せしもの			〇・六		・一二
	二 同	腐蝕せさりしもの			〇・五		〇・四

庄	川	第四號	二	一	ラチスパー	三者中	腐蝕甚しきもの	腐蝕中位のもの	同腐蝕少きもの	一部腐蝕せしもの	〇・一三	微	〇・四	〇・四	〇・五	〇・九	〇・八
山北駿河間 二百呎構桁	第五號	ストリシガ ブレーシング	同	同													

七 腐蝕試験

鋼材腐蝕の主なる原因を局部的電解作用に依るものと假定し試験片を電介液(硫酸)中に一定時間(二時間)浸し置き其の解離する量を測定したるに其の結果左の如し。

其の一 硫酸の比重

一・一四〇

電介液温度

一五度

試験片 $\frac{7}{8} \times \frac{9}{16} \times \frac{5}{16}$ にして $\frac{3}{16}$ の孔一個を穿ち試験の際に硝子棒を通して液中に垂下するに便す、試験材より此の片を採取するには輾伸の方向に平に長軸を取りたり。

番 號	原 重 量	腐蝕後ノ重量	腐蝕 量	腐蝕割合%
三 號 の 二	四・五〇一七	四・四五一三	〇・〇五〇四	一・一二〇
四 號 の 三	四・六七五一	四・六二一七	〇・〇五三四	一・二四二
四 號 の 一	四・六七〇九	四・六一五〇	〇・〇五五九	一・一九六
四 號 の 二	四・六二九二	四・五七二五	〇・〇五六七	一・二二四
三 號 の 一	四・六五一〇	四・五七八二	〇・〇七二八	一・五六五

其の二 硫化の比重

一・一五〇

電介液温度

三〇度

試験片 $\frac{5}{8} \times \frac{5}{8} \times \frac{3}{32}$ にして其の他は一の場合と同じ。

八、各試験の成績總括

以上の試験結果解離量の原重量に對する百分率を圖示すれば左表の如し。
前記各試験の成績を綜合すれば左表の如し。

番 號	原 重 量	腐蝕後ノ重量	腐蝕量	腐蝕歩合 %
三號の二	二・四四六三	二・三三九三	〇・一〇七〇	四・三七四 (平均)
同	二・四七四〇	二・三七四五	〇・〇九九五	四・〇二二 (平均)
四號の三	二・四二二六	二・三一〇三	〇・一一二三	四・六三六 (平均)
同	二・四四三八	二・三二九四	〇・一一四四	四・六八一 (平均)
同	二・三九一五	二・二七七〇	〇・一一四五	四・七九〇 (平均)
同	二・四一七三	二・三〇四〇	〇・一一三三	四・六八七 (平均)
四號の一	二・四三四八	二・三一七六	〇・一一七二	四・八一四 (平均)
同	二・四二〇一	二・三〇一八	〇・一一八三	四・八八八 (平均)
四號の二	二・四二九八	二・三〇四四	〇・一二五四	五・一六一 (平均)
同	二・四一九三	二・二八九四	〇・一二九九	五・三六九 (平均)
三號の一	二・四九七八	二・三〇八七	〇・一八九一	七・五七一 (平均)
同	二・四六八二	二・二七五三	〇・一九二九	七・八一五 (平均)
同	二・四三七二	二・二四七九	〇・一八九三	七・七六七 (平均)
餘部 第一號	レーシングバー	腐蝕せしもの	大且極めて多し	多數にして且孰れも多量なり
同	同	同	甚多し	〇・一七
同	同	同	腐蝕せさりしもの	〇・四
同	同	同	腐蝕せしもの	〇・五
第二號	三チャンネル	腐蝕せしもの	甚多し	〇・五

檢鏡に依る鐵
滓(主として
硫化滿俺)

鐵滓析出

分析試験
に依る硫
黄量

臭素紙
押寫
腐蝕試験
減量の順位
(總平均%)

同	第三號	一	レーシクバー	腐蝕せしもの	大且極めて多し	多敷にして且孰れも多量なり	〇四	濃	(減量最大)	四・六四
	二	同	ラチスパー	腐蝕せしもの	小にして極めて少し	少敷にして輕微なり	〇四	淡	(減量最小)	二・六六
庄川	第四號	一	同	三者中腐蝕甚しきもの	稍多し	普通なり	〇七	中		三・〇二
	二	同	同	腐蝕中位のもの	同	同	〇七	同		三・二四
山北駿河間橋桁	第五號	三	ストリンガー	腐蝕少きもの	同	多敷にして孰れも稍微なり	〇七	同		四・二九二
	第五號	三	ストリンガー	一部腐蝕せしもの	少にして多し	同	〇八			

是に依て之を觀るに實際腐蝕の多きもの又早きものは硫黄量多大にして餘部陸橋示方書規定の〇・〇六二五を超過し甚しきは〇・一七に達せるものあり而して檢鏡試驗及臭紙押寫の結果も皆符合し電介液に依る腐蝕試驗に於ける減量も亦略硫黄量に比例するを見れば此等橋梁構材の腐蝕速かなりしは主として含有硫黄化合物の量大なるに基因するものと認む唯山北駿河間二百呎構桁のストリンガープレッシングは枕木との間隔僅小にして同所急勾配の爲め多量に發散する燃料の燼滓か永く此所に堆積し特に此の局部を侵したるものと認む。

九、塗料及錆鏽中に鹽分(NaCl)及硫酸基(SO₄)の存在檢査

餘部陸橋は海岸に近接し常に海氣の襲ふ所となり其の影響を受くる少からず庄川橋梁は海岸を距つる里許にして幾分影響あるものと認められ山北駿河間は全く之れなきものに付試に三橋梁の錆鏽及塗料に鹽分其の他の存在せるや否を檢査せしに其の結果左の如し。

(イ) 塗料中に於ける鹽分

餘部

〇・〇〇八%

庄川

痕跡

(ロ) 錆鏽中に於ける鹽分

庄川 横桁

〇・〇〇四%

同 上臥材ラチスバーの上面

〇・二六〇%

山北駿河間橋梁

なし

富士川 枕木の下敷となりたる部分

〇・〇〇五%

(ハ) 錆銹中に於ける硫酸基

庄川 上臥材ラチスバーの上面

〇・〇二〇%

同 横桁各所

〇・〇一八%

相澤川 端柱

〇・〇七八%

同 柱材ラチスバー

〇・〇七〇%

本表の成績に依り察するに餘部陸橋は海氣の影響を受くる甚た大にして塗料中に若は之に附着して鹽分の存在するを認識し得へく、庄川に於ては塗料中には之れなきも錆銹中には多量に含有するを認め、山北駿河間構桁には全く之れなし、又硫酸基は庄川相澤川共に存在すれとも相澤川の方其の量三四倍に達せり、是れ主として煤煙燼滓より來るものにして線路の勾配及列車の回數の相違に依るものならん。

十、ペイント塗換

(イ) 餘部陸橋は大正三年末に至りレーシングバーの浮錆及腐蝕増大し塗換及一部取換の必要を感じ漸次塗換を爲せり即ち左の如し。

塗換部分

塗換成工年月

經過年月

橋脚下部(約五分の三)

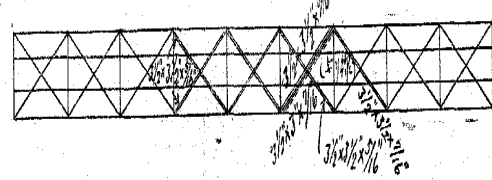
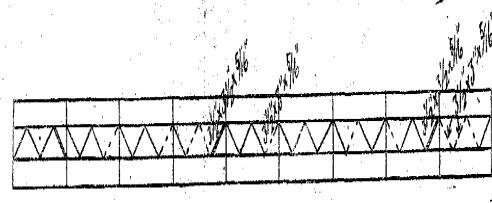
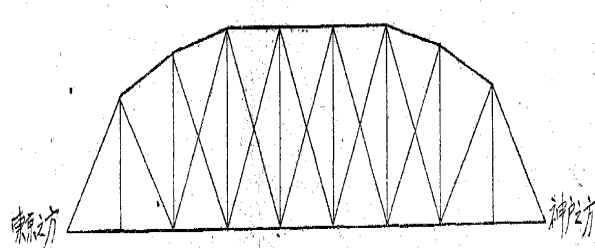
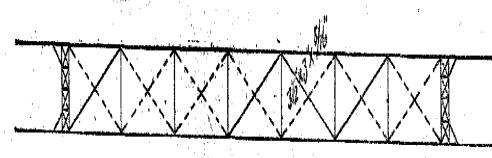
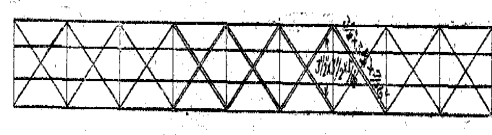
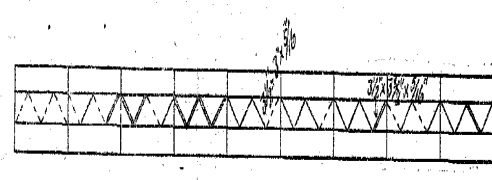
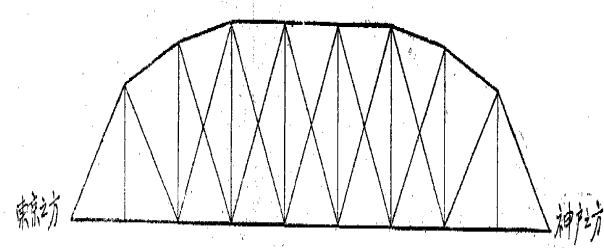
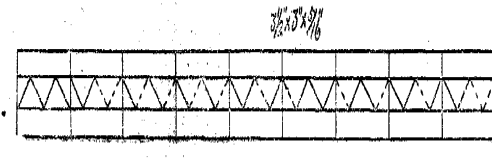
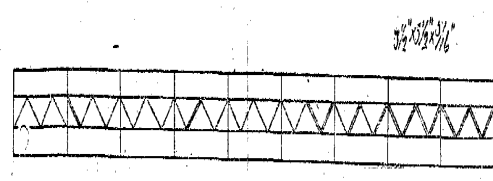
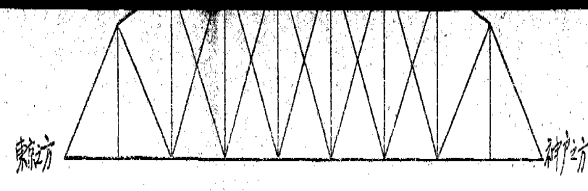
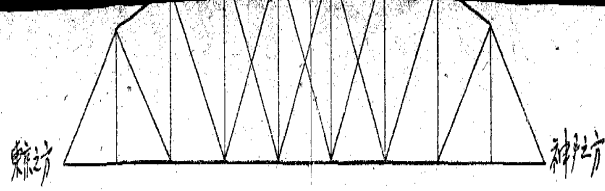
大正四年七月

三年八ヶ月

橋脚上部及橋桁上部

大正五年九月

四年十ヶ月



第一 相澤川橋梁鐵桁修繕工事略圖
凡例——(七年度)交換材ヲ示ス

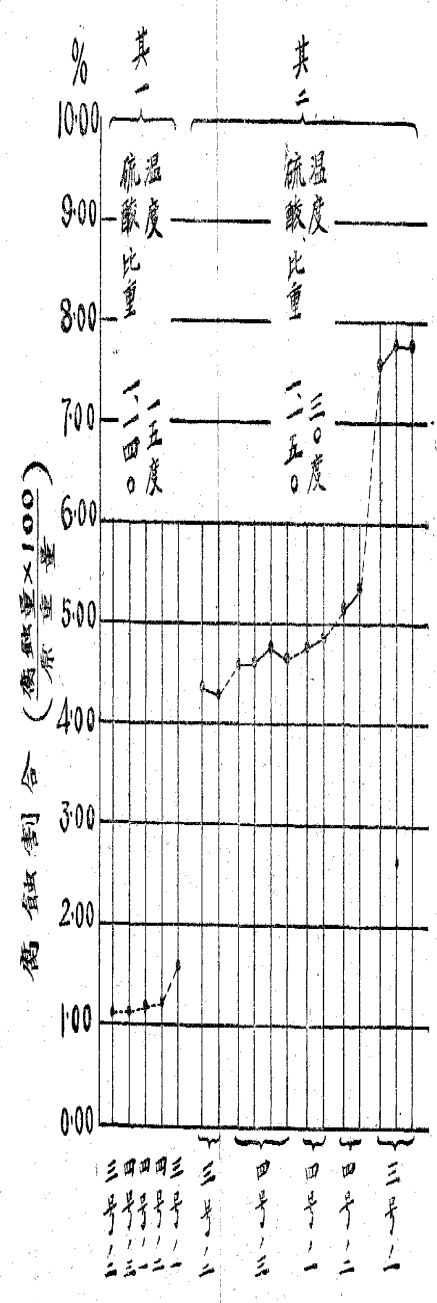
第二 相澤川橋梁鐵桁修繕工事略圖(上リ線)

凡例——(七年度)交換材ヲ示ス

第三 相澤川橋梁鐵桁修繕工事略圖(下リ線)

凡例——(七年度)交換材ヲ示ス

腐蝕試驗成績圖表



橋桁殘部

大正六年十月

五年十一ヶ月

(ロ) 庄川橋梁

塗換部分

塗換成工年月

經過年月

全部

明治三十九年三月

五年二ヶ月

構桁(横桁及小桁を除く) 鈑桁

大正元年十二月

六年九ヶ月

同 横桁及小桁

大正三年十一月

八年八ヶ月

(ハ) 山北駿河間二百呎構桁橋梁

橋梁臺帳にペイント塗換の記入なきものあれとも記入しあるものより察するに

塗換部分

塗換成工年月

經過年月

全部

明治四十一年十二月

六年十七ヶ月

同

大正元年十月

四年十七ヶ月

十一、結論

本調査橋梁は孰れも本邦中濕度頗る高き地方に存在し其の濕氣は鋼材の腐蝕を助長するものなるに之に加ふるに餘部陸橋庄川橋梁の如き海氣の作用を受くるあり又山北駿河間構桁は特に煤煙燼滓の惡影響を蒙るあり是等が硫化滿俺の不純物を多量に含有する材質と相俟て大に腐蝕を促進せしめたるものと信す。

茲に二百呎構桁の歴史を案するに東北本線栗橋中田間利根川第一線橋梁は英人ボーナル氏設計の型式に屬し明治十九年六月竣工したるものにして本邦に於ける二百呎構桁の嚆矢なり爾後十有餘年元官線日鐵線關西線等に於て此の型式を多數使用したり。

明治三十一年に至り運輸數量の増加に伴ひ必要を感じ米人セオドル、グーバー氏及シー、シー、シュ

30 ナイダー氏に囑し新形式の構桁を設計し引續き之を使用するに至れり、庄川橋梁山北駿河間構桁は即ち之に屬する最初のものにして爾來此の型式は明治四十四五年 E^{40} 及 E^{45} に適應する構桁を設計使用するに至るまで廣く用ゐられたるものなり。

而してポータル氏型構桁は現時の列車重量に對し其の耐力不充分なるか爲め順次架換を了し今や其の數頗る少けれどもクーパー氏型構桁は其の數少からず、而して前記利根川橋梁(英國製、鍊鐵)及信越線犀川橋梁(英國製、鐵鋼混用)の如き共に三十年若は夫れ以上を經過せるに今尙著しき腐蝕を認めざるに庄川橋梁山北駿河間構桁は孰れも十六七年にして斯く腐蝕し一部取換を要するに至れるは前述の原因に據るものなれば本形式の構桁に對しては特に保守に留意しペイント塗換の如きも從來の如く四五年以上を距つるか如きことなからしむるを必要なりと認む。