

# 鋼橋の腐蝕

内務省土木試験所  
内務技師

青木楠男

## はしがき

り一割へることになる。一材材だけが獨立して橋を構成しておるのではないからである。

四年に一度の鐵橋の塗り換へ、これは橋梁維持の上からどうしても怠つてはならない問題であつて、そうして忘れ

この拾年、道路の改良に伴つて出來た國縣道橋、復興につれて造られた街路橋、其數は驚ろくべきものの上らう。

られ勝ちの事柄である。多數の橋梁をもつ都市ではこの維持費は相等の額にのほるに相異なる。そして豫算の編成にあつてはそうそう橋を塗り立てなくても橋は落ちはしま

これ等の鋼橋に於て果して充分に塗工の維持が行はれてをるだらうか、筆者はこれを疑わざるを得ない、剝けたベシキの隙間から失はれてゆく鋼の量は全國的には非常な額にのほるであらう。

いと云ふ意見に制せられてとかく筆頭に削除せられる費目になり易い。これは鐵そのもの、性質を理解しないことから來る恐しい謬見である。ペンキの剝けた鋼材は日一日と錆びてゆく、一材材の一局部の強さが一割へれば、ほかの部材がどんなに保護されておつても、橋全體の強さはやは

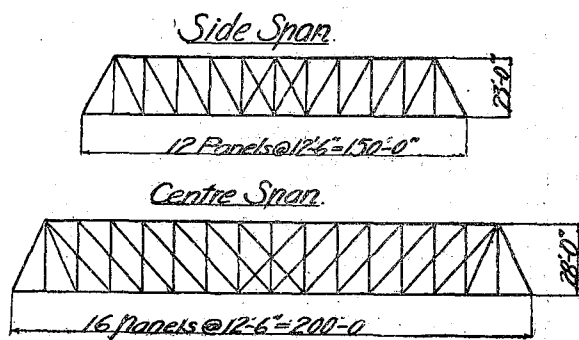
筆者はこゝに比較的不完全な維持状態の下に置かれたと考へられる橋梁部材の腐蝕調査の結果を掲げて、塗工維持の重要さを明にしたいと思ふものである。腐蝕調査を行つた橋梁は舊既橋の一部材であつて昭和二年同橋の架換への

際に東京市土木局橋梁課の好意の下に調査を行つたもので、この報告は先きに内務省土木試験所報告に載せられたものゝ大體である。

### 舊厩橋の沿革と其構造

沿革 本橋の架設は實に明治廿六年四月にして、本邦に於けるこの種道路鐵橋中の最も古きものゝ一つなり、爾來昭和二年に至るまで隅田川の東西を連ぬる橋梁として、首都交通運輸上の重要機關たること實に三十有五年なり、其後年に至りては橋床部の構造並びに維持方法の不良等の關係より鐵材の甚しき腐蝕をきたしたると、交通荷重の急激なる増加とのため、部材局部に補強工事を施工するゝに至りたるのみならず、大正十二年大震災に當りては火害のため、其橋床部燒失の厄に會せり、爾後僅かに應急工事によつて交通に備へたるも、遂に首都重要交通設備としての職責を全ふし難き状態にたち至り、昭和二年これが架替工事の着手を見るに至れり。

同橋設計者は記録によれば、時の理學士倉田吉嗣、工學士岡田武五郎の兩氏にして、石川島造船所の工作にかゝり、



第一圖 舊厩橋結構略圖

清水組これが施工にあたり、使用鐵材には米國製品を使用せるものゝ如し。構造架橋點附近の隅田川幅員約80間に、これに架するに

主徑間と側徑間をもつてせり。主徑間は16格間各125'の200呎、平弦 Wipple 型鉗結鐵構橋、側徑間は12

格間各  $12 \sim 6'$  の  $150$  型、平弦 Pratt 型締結鐵構橋にして、兩徑間とも主構心々距  $38$  呎左右に  $9 \sim 6$  呎の人道 Bracket を有せり、第一圖は構橋の Skeleton を示す。

結構部材中上弦材は 1—蓋板、2—腹板、4—山形鋼よりなる集成断面を有し、吊材以外の垂直材は 2—溝形鋼、下弦材。吊材及斜材はすべて眼鋸を用ひたり。

橋床部の構造を見るに附圖に示せるが如く鐵床桁は下格點の罅より床桁吊材にて吊下げられ、この床桁上に木縱桁高  $8 \frac{3}{4}$  呎を配し、これに敷板を釘着せり、人道敷板は厚 1 寸一枚にして、車道敷板は下層  $3 \frac{1}{4}$ 、上層  $1 \frac{1}{4}$  の二重板張なり。

### 腐蝕調査

調査部材 舊厩橋結構にて部材腐蝕の甚しき部分は下格點附近にして、垂直材が路面と接する部分殊に甚し、この部分が路床との關係より塵埃雨雪の影響をうくること最も大なるによるものなるべく、垂直材中被害の最も著しきも

のは各徑間とも第二下格點即ち垂直吊材の下端なりとす。本調査に選びたる箇所も淺草側側徑間の下流第二下格點なりとす。

第二下格點附近の構造 第二下格點  $L_1$  に集まれる部材は  $L_1-L_1$ ,  $L_1-L_2$ ,  $U_1-L_1$  の 3 部材にして徑 4 寸の罅にて連結せられたり、各部材の断面下表の如し。

$U_1$   $L_1$  2—pls  $3' \times \frac{5}{8}$  (記號C及C')

$L_1-L_1$  2—pls  $5' \times \frac{7}{8}$  (記號B及B')

$L_1-L_2$  2—pls  $5' \times \frac{7}{8}$  (記號A及A')

(記號D及D')

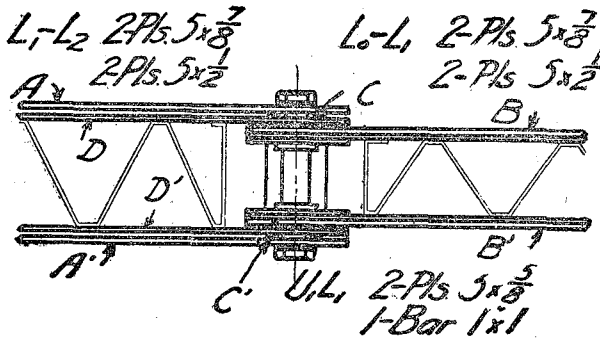
(A, B, C, D, は人道側, A', B', C', D', は車道側部材を示す)

前掲部材断面中下線を附したるものは架設當初の設計圖に記載せられざるものなるが故に、後年補強工事の節に加へられたるものと認む。

第二圖は下格點  $L_1$  の部材配置を示す。

部材の外観 著しき腐蝕の認めらるゝ區域は罅の中心よ

り  $U_1-U_2$  及  $L_1-L_2$  に於て約  $U_1 \sim 6''$ ,  $L_1-L_2$  に於て約  $L_1 \sim 0''$  の部分にして、腐蝕度の最大なりと認めらるゝ部分は、格



第二圖 格點  $L_1$  構造圖

時のまゝにては各部材の識別困難なる状態にあたり、寫眞第一及第二はこれ等の浮錆其他を多少除去したりる後の狀

況を示す。

部材中  $U_1-U_2$  の被害甚しく、殊に  $Q$  の如きは重襲部の直上に於ては其原形を推定し得ざる程度に腐蝕せり。

下弦材  $L_1-L_2$  及  $L_1-L_2$  にては孰れも上部の腐蝕甚しく下部に於て少なし、 $L_1-L_2$  ( $A$ ) の上部の腐蝕は殊に甚だし、

各部材とも重襲部即ち隣接部材との接觸面は殆んど被害なし、寫眞第三乃至第六は各部材の錆を除去せる後の表面状態を示せるものにして、表面に隣接部材の形狀を印せり、

$L_1-L_2$  の外側に印せられたる錆の座鐵及ナットの形狀殊にあきらかなり。

又各材片とも重襲部外の部分にては隣接材の側ほど腐蝕大なるを認む。

腐蝕度の測定 腐蝕度の測定は  $U_1-U_2$ ,  $L_1-L_2$ ,  $L_1-L_2$  の主眼鏝につきて行ひたり、各材とも充分に鏝落しを行ひ

たる後、其中心線に沿ひて、鏝の中心より  $1/2$  毎に横斷形狀の測定を行ひ、其斷面積を求積器にて求め、これと原

斷面積との比を求めて腐蝕度の百分率を算出せり。

點に於ける部材重襲部の外にあり又各部材とも車道側のもの、被害大なり。部材重襲部の周圍は錆並に塵埃の附着甚しく、調査材本所到着當

第一表 腐蝕率一覽表

(其一) 人道側部材

研

斷面番號	U <sub>0</sub> -L <sub>1</sub> (C)			L <sub>0</sub> -L <sub>1</sub> (B)			L <sub>1</sub> -I <sub>2</sub> (A)		
	a	a'	P%	a	a'	P%	a	a'	P%
—6				4.025	3.495	12.5	3.369	2.974	11.7
—5				6.606	5.728	13.5	5.977	5.062	15.3
—4	3.469	3.174	8.5	8.094	7.008	13.5	7.613	7.062	7.2
—3	4.788	4.385	8.5	8.794	7.569	13.9	8.513	7.882	8.6
—2	4.969	4.634	6.7	8.050	6.877	14.6	9.056	8.585	9.5
—1	3.406	3.095	9.1	6.300	5.131	18.5	6.038	5.645	6.4
鍊中心	3.125	2.885	7.7	5.863	4.831	17.7	5.731	5.479	4.4
1	3.406	3.234	5.0	6.256	5.334	14.7	6.256	6.163	1.5
2	5.594	4.934	11.7	9.183	7.795	15.1	9.056	8.500	6.2
3	4.938	4.657	5.7	8.575	7.205	16.0	8.225	7.585	7.8
4	3.938	3,290	16.3	7.525	6,323	15.1	7.263	6.565	9.6
5	3.031	2.220	26.7	6.431	5,308	17.4	6.213	4.780	23.0
6	2.406	1.657	31.0	5.556	4.589	17.4	5.513	4.000	27.4
7	2.100	1.251	40.5	5.031	3.915	22.1	4.856	4.039	16.9
8	2.000	1.215	39.3	4.681	3.908	16.5	4.594	4.008	12.9
6	1.938	1.435	26.0	4.550	3.728	18.1			
10	1.875	1.332	28.8	4.262	3.466	18.7	4.262	3.746	12.1
11	"	1,185	36.5	"	3.369	21.0			
12	"	1.389	25.7	"	3.481	18.3			
13	"	1.408	24.8	"	3.477	18.4			
14	"	1.354	27.4	"	3.580	16.0			
15	"	1.362	27.7	"	3.631	14.8			
16	"	1.466	21.7	"	3.642	14.6			
17				"	3.539	17.0			
18				"	3.681	13.6			
19				"	3.615	15.2			

二五

(其二) 車道側部材

断面番 號	U <sub>1</sub> -L <sub>1</sub> (C')			L <sub>0</sub> -L' (B')			L <sub>1</sub> -L <sub>2</sub> (A')		
	a	a'	P%	a	a'	P%	a	a'	P%
-6				3.789	3.523	7.0	3.981	2.460	38.0
-5				6.344	5.749	9.3	5.906	3.328	43.7
-4	3.625	3.474	4.2	7.875	7.205	8.5	7.665	4.995	34.8
-3	4.500	4.391	2.4	9.450	7.954	15.8	8.531	6.577	22.9
-2	4.875	4.720	3.2	8.925	8.057	9.8	8.925	7.682	13.7
-1	2.875	2.297	2.1	5.519	5.364	2.8	6.081	4.915	19.2
鋤中心	2.594	2.444	5.8	5.381	4.800	10.8	5.644	4.669	17.3
1	2.719	2.613	3.9	6.213	5.467	8.8	5.863	4.862	16.2
2	4.403	4.252	3.6	9.188	8.205	10.6	8.575	7.662	10.6
3	3.594	3.369	6.2	8.514	7.692	9.6	8.094	7.066	12.7
4	2.813	2.400	14.3	7.306	6.535	10.2	7.088	5.408	24.7
5	2.219	1.526	31.3	6.213	5.589	10.0	6.081	4.154	31.7
6	1.953	0.586	70.1	5.250	4.743	9.6	5.160	3.466	32.8
7	1.875	0.738	60.7	4.590	3.888	15.2	4.720	3.426	27.3
8	〃	0.638	64.3	4.262	2.800	34.3	4.463	3.500	21.6
9	〃	1.077	42.6	〃	2.672	34.4	4.232	3.631	14.8
10	〃	1.102	41.2	〃	2.539	39.8	〃	4.062	4.7
11	〃	0.960	48.8	〃	2.949	31.0	〃	4.051	4.9
12	〃	1.348	28.1	〃	3.035	29.0	〃	4.000	6.0
13	〃	1.505	19.8	〃	3.231	34.2			
14	〃	1.514	19.3	〃	2.789	34.6			
15	〃	1.514	19.3	〃	2.928	29.0			
16	〃	1.388	26.0	〃	3.077	28.0			
17	〃	1.840	1.9	〃	3.715	13.1			
18	〃	1.850	1.5	〃					
19				〃					

備考 A, B, C は人道側部材, A', B', C' は車道側部材ヲ示ス。

各断面ノ間隔1吋ナリ。

a=原断面積(□'') a'=測定セル腐蝕断面積(□')

P=腐蝕率 (P=  $\frac{a-a'}{a}$  100%)

腐蝕度算出にあたり、眼鐔の頭部の原形明瞭ならざるた  
め原形を腐蝕せる現物より推定せる部分多し、又同一部材  
にて人道側、車道側の兩眼鐔の同一断面に於ける原断面積  
は相等しきが當然なるべきも、現物を見るに眼鐔頭部の原  
形に多少の異動ありたるものと認めらるゝほかに、鐔孔の  
位置に甚しき差異ありたるものと考へられ、これがために  
兩材の原断面積に相異なるもの多し、よつて腐蝕率算定に  
際しては各断面につき最も原形に近かるべしと思考せらる  
ゝ断面形を推定し、これによつて原断面積を求めたり。

第一表は斯くの如くにして求めたる各材の腐蝕度一覽  
表なり。

各部材とも隣接材との接觸部の腐蝕度は、少なきものに  
て $2\sim 3\%$ 多きものにも $30\%$ に達せざるもの多し、概  
して鐔の中心にて最も少なく外側にて大なり、第一表中太  
き實線間の部分は重襲部を示す。

腐蝕度最大なる點は概ね重襲部の外數吋の點に位し、D、  
I、材車道側のもの、最大腐蝕度は $70.1\%$ 人道側のもの

は $49.5\%$ に及べり、下弦材は兩部材とも稍少なく $20\%$   
乃至 $3\%$ の程度なり、皆車道側の眼鐔大なる腐蝕度を示  
し、D、I、及I、I、にては人道側腐蝕度の $1.5$ 倍、E、  
I、にては $1.2$ 倍なり。

附圖に示せる部材腐蝕度圖表は上掲の腐蝕度を格點構造  
圖と其位置を相對應せしめて記載せるものなり。

部材の腐蝕が格點重襲部の外、數吋の點に於て最も大  
なることは、この部分が最も雨雪、塵埃、汚泥の影響をう  
くこと大なるを示すものなるべし、D、I、I、につきて考  
ふるに、この部分が恰も人道、車道の敷板上面の稍下部に  
位し、路面上の雨水、泥土等が敷板と蓋板との間隙、並びに  
部材と蓋板との接觸部の水密の不足より、内部に流れ入り  
部材を汚染するに至り、これがために部材のこの部分が汚  
損、濕潤の状態に置かるゝこと多く、従つて腐蝕の速かな  
る進捗を促したるものと認む。

又D、I、I、の断面No. 11が其附近に比して稍大なる腐  
蝕度を示せり、これこの部分が蓋板上面に位せるがため、

路上の雨水、汚泥の影響を著しくうけたるものと認む。

下弦材につきて考ふるに部材中央部は直接路面上の塵泥に汚損せらるゝこと少なかるべく、又汚損せらるゝも比較的乾燥早かるべきが故に腐蝕度低く、たゞ其頭部のみが垂直材より流れ来る汚水をうけ、其部の構造複雑なため比較的乾燥困難にして其結果速かなる腐蝕を見たものと認む。

各材の重襲部の腐蝕少なきはこの部分がある程度錆を生じたる後は、其間隙部は全く水酸化鐵其他腐蝕生成物のために填充せられ、其後の汚水の浸透を防止するに至ることに原因するものと認む。

次に断面腐蝕の状況を見るに腐蝕度の小なるものは各面比較的一様なる腐蝕を示し、腐蝕断面は甚しき不規則を呈せざるも、腐蝕度の大なる部分は腐蝕一様ならずして甚しき異形を示せり、D—J 材及下弦材の眼鉋頸部殊に甚だし。附圖腐蝕断面圖は腐蝕度の著しき断面の形状を原形と比較對照せるものなり。

## 強度試驗

試片 舊厩橋架設當時に於ける鐵材材質に關する仕様を明かにすることを得ず、よつてこれが強度試験を行ひ、これが材種の大體を推定せんとす。

試片は「J—(A)」より眼鉋の長さの方向に四片を切り取り、日本標準規格構造用壓延鋼材第二號試験片の型に仕上げたり、標點距離 100 耗直徑約 12.5 耗なり、試験片四個中第三號につきては Marten's Extensionbath を用ひて標點 50 耗間の伸長を測定し、これが彈性率を算出せり。

本橋の鐵材は大正十二年大震災にあたり、本橋橋床部の燒失せる際に、一種の熱處理をうけたる形となるが故に、觀測せる強度につきてはこの影響を考慮せざるべからざるも、其影響の程度に至りては全く推測することを得ず。

抗張試験 試験には Olsen 型 100 噸 Universal Testing Machine を用ひたり、觀測の結果下表の如し。

上表に明かなるが如く其抗張強度比較的低く、且つ其伸長度極めて大なり、加ふるに他の試片につき鍛接を行ふに極めて良好なる結果を示せり、これ等の諸點より考察して



第二表 舊厩橋鐵材抗張試驗成績表

試片 番號	伏點 重 (噸)	破荷 重 (噸)	試片原斷面		降伏點 度 (噸/耗 <sup>2</sup> )	破強 度 (噸/耗 <sup>2</sup> )	伸長度 (%)	摘 要
			平均 直 徑 耗	平均 斷 積 耗				
1	2,850	4,270	12.252	1.18	24.30	36.19	29.5	破壞斷面 No. 7
2	3,640	4,390	12.333	1.19	30.59	36.89	31.8	〃 No. 6
3	2,750	4,200	12.081	1.15	23.91	36.52	32.3	〃 No. 5
4	2,750	4,175	12.079	1.15	23.91	36.30	25.7	〃 No. 5
平均	3,000	4,260	12.186	1.17	25.67	36.47	30.3	

研  
究

舊厩橋の部材に使用せられたる材料は鐵鐵に屬すべきものと認む。

試片第三號につき觀測したる彈性係數 2,061,000 延縮 2 なり。

### 調査の結果についで考察

上記の調査によつて得たる結果を一般鋼構橋に敷衍しうるものとすればこれ等を總括して鋼構の腐蝕状態に關し次の諸點を要約する事を得

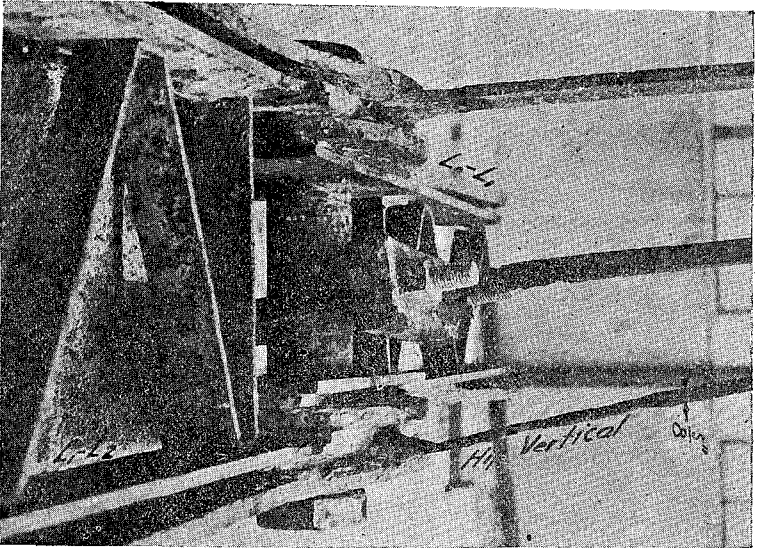
1. 市街鋼構橋に於て其維持状態良好ならず、且つ橋床部の構造に充分ならざる點あるとき、架設後三十五年前後にして橋床部附近の部材斷面の腐蝕  $1/2$  以上に達することあり。

2. 下路橋にては上格點より下格點附近にて腐蝕大なり  
3. 下路橋にて垂直部材と路面との接觸部、又は人車道の間の境界部の構造不良にして充分水密ならざるとき、垂直材及下弦材は格點附近にて著しき腐蝕をうく。

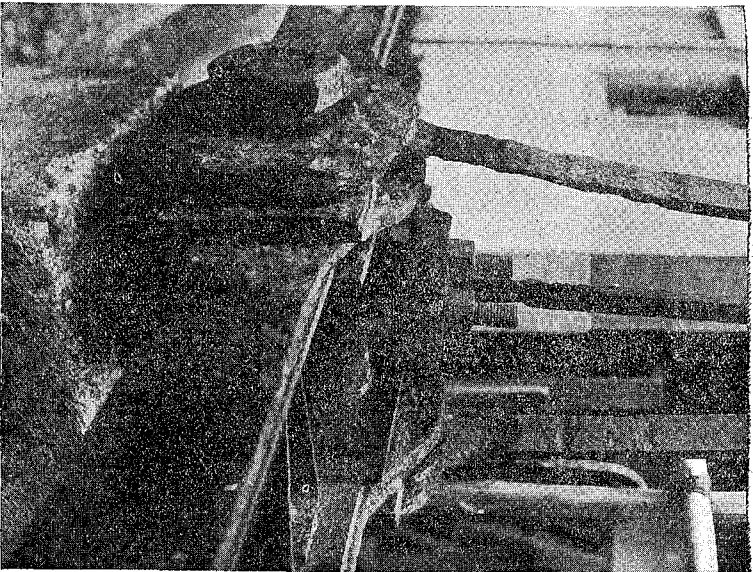
4. 第3項に掲げたる構造適當なるとき、垂直材の路面上に接する部分の腐蝕最も大なるべし。

5. 部材の重襲する部分の腐蝕は或程度以上には進まず尙舊厩橋の架設は實に西曆 1885 年にして、歐米に於ける橋梁界にて從來使用せられつゝ、ありし鍊鐵が鋼に轉せんとする過渡期にあたり、米國に於て鋼が一般的に使用せらるゝに至れるは 1885 年なりと稱せらる、此等の點より考へて舊厩橋は本邦に於ける初期の鐵橋なると同時に、世界橋梁史上より見るとき鍊鐵橋としての最後のものに屬することを認むるものなり。

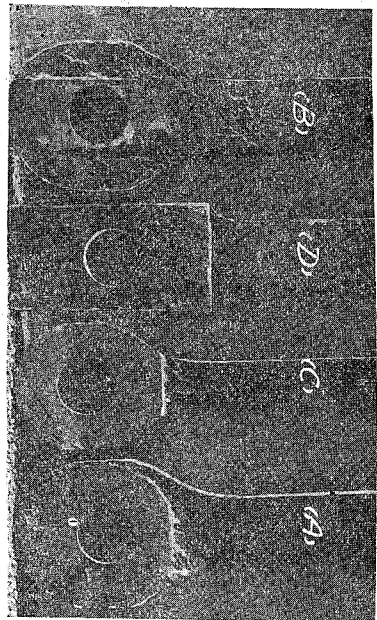




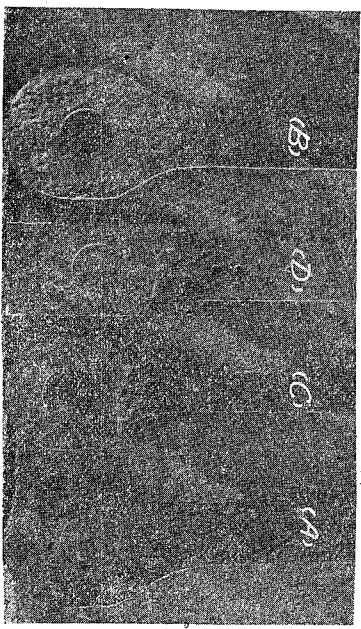
写真第一 舊既橋側徑間第二下格點腐蝕狀況 (其一)



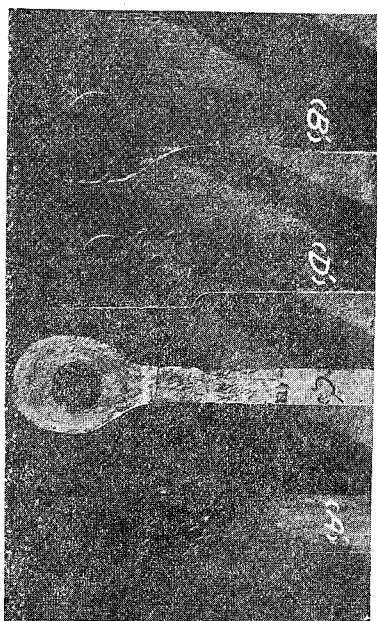
写真第二 舊既橋側徑間第二下格點腐蝕狀況 (其二)



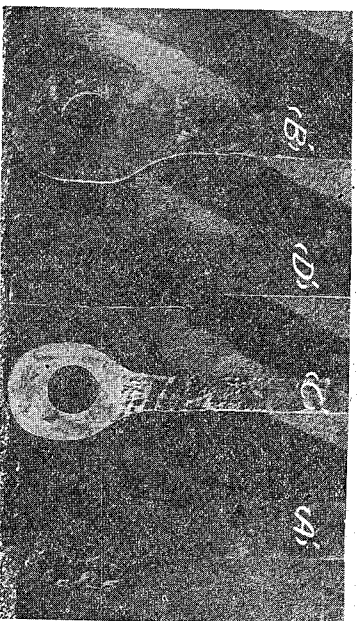
寫眞第三 部材A,B,C,D,内側腐蝕狀態



寫眞第四 部材A,B,C,D,外側腐蝕狀態



寫眞第五 部材A,B,C,D,内側腐蝕狀態



寫眞第六 部材A,B,C,D,外側腐蝕狀態