

3-1 非破壊検査適用性実験報告

(1) 実験計画

1) 実験手順

実験手順は以下の通りとする。

① 既存試験板の場合

① 試験板収集→② 非破壊検査→③ データ整理→④ 塗装→⑤ 乾燥

↓

⑩ まとめ←⑨ 塗膜除去←⑧ データ整理←⑦ 非破壊検査←⑥ 膜厚測定

② 新規製作試験板の場合

① 疲労亀裂試験板製作→② 塗装→③ 乾燥→④ 膜厚測定→⑤ 亀裂発生

↓

⑩ データ整理←⑨ 非破壊検査←⑧ 塗膜除去←⑦ データ整理←⑥ 非破壊検査

↓

⑪ 亀裂破面観察→⑫ まとめ

注 試験板は製作済のものを収集するものとするが、頁5に示す疲労亀裂試験板も新規製作する。

2) 非破壊検査要領

実験に適用する非破壊検査の種類は表-1に示す4種類とし、その詳細は以下の通りとする。

表-2

非破壊検査区分	種類	備考
超音波探傷法	パルス反射式 超音波探傷法 (斜角探傷法)	・探触子の種類(周波数、角度45,60,70 集束型) ・探傷方法(感度、欠陥寸法特定技術)
磁粉探傷	・湿式(極間法)	・蛍光磁粉 ・非蛍光磁粉
染色浸透探傷	溶剤除去性	
渦流探傷	簡易亀裂探査器	・適用探査器 例:CS-100、 LOCATOR UH

3) 塗装要領

表-3に示す2種類の塗装系を適用し、塗膜厚を変え4ケースとする。但し新規製作する試験片には、Iを適用する。

表-3

	塗 装 系	塗 料	目 標 膜 厚 (/ 回)	
			I	II
1	油性系塗料+ フタル酸系塗料	①油性錆止めペイント(1種)	40	40
		②油性錆止めペイント(2種)	35	35
		③フタル酸樹脂塗料(中塗)	30	30
		④フタル酸樹脂塗料(上塗)	145	395
		(計)	250	500
2	塩化ゴム系塗料	①有機質ジンクリッチプライマ	15	15
		②塩化ゴム系塗料(下塗1層)	45	45
		③塩化ゴム系塗料(下塗2層)	45	45
		④塩化ゴム系塗料(中塗)	35	35
		⑤塩化ゴム系塗料(上塗)	30	860
		(計)	170	1000

注 塗重ね間隔は標準規定値とし、実験時までの乾燥期間を1ヶ月とする。

4) 実験項目

各々の実験ケースにおいて、以下の項目を求めることとする。

(1) 共通

- ①非破壊検査により検出される欠陥像の大きさ、位置
- ②非破壊検査の検出欠陥像に影響する塗膜厚及び塗膜の硬化状態
- ③非破壊検査に先立ち目視で確認できる欠陥の大きさ、位置

(2) 超音波探傷

- ①探触子の相違による検出欠陥像の差異
- ②特にクラック先端の検出性(エコー高さの変化)

(3) 磁粉探傷

- ①非破壊検査姿勢及び方向の影響

(4) 染色浸透探傷

- ①クラック開口巾の影響

(5) 渦流探傷(亀裂探査器)

- ①ビード止端部のクラックの検出性
- ②全般的な有効性

表1 試験片及び適用試験項目

試験片形状	数量	試験片の特徴	適用試験項目						塗装系	備考		
			VT 目視	PT	MT	UT	ET	TG				
	5	<ul style="list-style-type: none"> ・角度θ及び深さdを変化させた試験片 ・人工クラック ・幅0.2×長10(mm) ・すみ肉溶接試験片 	塗装後	○		○	○	○	○	既塗装	高田機工 所有	既 存 試 験 片
			塗膜剥離後	●	●	●	●	●	●			
	1	<ul style="list-style-type: none"> ・※部にトウ及びブルート部の疲労クラックあり(長さ10mm程度) ・すみ肉溶接試験片 ・疲労試験機にかけ進展させる 	塗装前	○	○	○	○	○	II	横河橋梁 所有 日本橋梁 にて塗装		
			塗装後	●		●	●	●				
			亀裂進展後	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘			塗装のまま	
	1	<ul style="list-style-type: none"> ・※部にトウ及びブルート部の疲労クラックあり(長さ10mm程度) ・すみ肉溶接試験片 	塗装前	○	○	○	○	○	IV	(同 上)		
			塗装後	●		●	●	●				
			亀裂進展後	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘				
	1	<ul style="list-style-type: none"> ・トウ部にSR割れあり ・突合せ溶接試験片 	塗装後	○	○	○	○	○	III	川崎重工 所有 日本橋梁 にて塗装		
			塗膜剥離後	●		●	●	●				
	3	<ul style="list-style-type: none"> ・トウ部にSR割れあり ・突合せ溶接試験片 	塗装後	○		○	○	○	I	日本橋梁 にて塗装	新 規 作 成	
			塗膜剥離後	●	●	●	●	●				

5) 試験片 ○…第1回報告の実験、◎…第2回報告の実験

(2) 実験結果その1

第1回 隅肉溶接止端部 疲労割れ検出(第1回報告)

1) 目的

疲労割れを対象に現場条件を再現した試験体により非破壊検査の欠陥検出性能を調査し、その結果により、非破壊検査要領のマニュアルを整備することを目的とする。

2) 使用装置

① 浸透探傷試験

洗浄液	UR-ST
浸透液	UP-II
現像液	液UD-ST

② 超音波探傷試験

探傷器	FD610、USL-32
探触子	5Z10×10A45 (実測屈折角 44.0度)
	5Z10×10A60 (同上 60.5度)
	5Z20×10A70 (同上 69.0度)
	5Z20A45 (集束範囲 25~60mm)
	5Z10A70 (集束範囲 0~8mm)

接触媒質	グリセリン
対比試験片	RB4-No.1

③ 渦流探傷試験

亀裂探査器	CS-100形	新栄電器製作所
	本体及びペンシル形プローブ	

④ 磁粉探傷試験

極間式磁粉探傷装置	ポニーマグナ(M26K)
乾式黒色磁粉	BW-303

⑤ 赤外線熱画像撮影

撮影装置	インフラアイ	560(富士通)
仕様	温度測定範囲	20°C~+1600°C
		(最小温度差 0.2°C)

撮像視野	水平 25°×垂直 25°
撮像距離	20cm~∞

⑥ 膜厚測定

測定器	電磁膜厚計LXシリーズ (Kett)
仕様	Range I 2~5mm (2.0mm スペーサー利用)

3) 試験体

- | | |
|------------------|-----|
| ① 人工欠陥試験体(塗膜付) | |
| 90、45、20、0 | 計4体 |
| ② 自然欠陥試験体(塗膜付) | |
| No. 2、3、4 | 計3体 |
| p(13) 浸透探傷試験結果参照 | |

4) 実験方法

- ① 浸透探傷試験
溶剤除去性染色浸透探傷試験(速乾式現像法)
- ② 超音波探傷試験

基準感度 RB4 No.1 $\phi 1.9\text{mm}$ の横穴
 探傷方法 TP No.4は直射法でそれ以外は1回反射法
 欠陥指示長さ 10dBドロップ法 (Hmax-10dB)
 L線カット法 (基準感度-12dB)
 欠陥高さ 端部ピーク法(集束形探触子)

③ 渦流探傷試験

健全部の指示値を“0”に調整し、指示値が“10”を超える範囲を欠陥とする。

④ 磁粉探傷試験

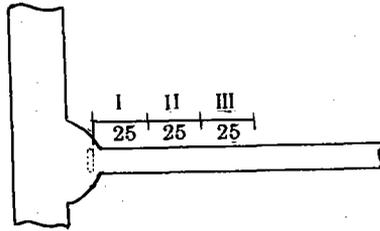
乾式黒色磁粉を用い極間式にて探傷を行う。尚、探傷姿勢については、磁粉の適用難易度以外欠陥検出性能には影響しないことより、45°傾斜状態で行う。

⑤ 赤外線熱画像撮影

人工クラック直上のウェブをドライヤーにて局部加熱、冷却過程を観察する。撮影条件は、放射率1.0、最小読み取り温度差0.2°、試験体レンズ間距離25cmとする。

⑥ 塗膜厚さ測定

塗膜厚さ測定は、プローブ径が $\phi 24$ であり局部測定がきでないため、下図に示す範囲で代表値1つ採用する。尚、膜厚が0.2mm程度であるため、2.0mmのスペーサーを用いる。



5) 実験結果

① 浸透探傷試験

TP No.2、3、4における浸透探傷試験の結果をP11に示す。

浸透探傷試験の結果からTP No.2、3の疲労割れは検出されたがTP No.4においては欠陥No.1(最長欠陥)のみ検出された。

② 超音波探傷試験

(1) 相対エコー高さ

塗膜付試験体90°、45°、および20°について探触子の屈折角別に欠陥(スリット)深さと相対エコー高さの関係を図1~3に示す。

TP No.3を両面から探傷した結果を図4に示す。
又、TP No.4を直射法で探傷した結果を図5に示す。

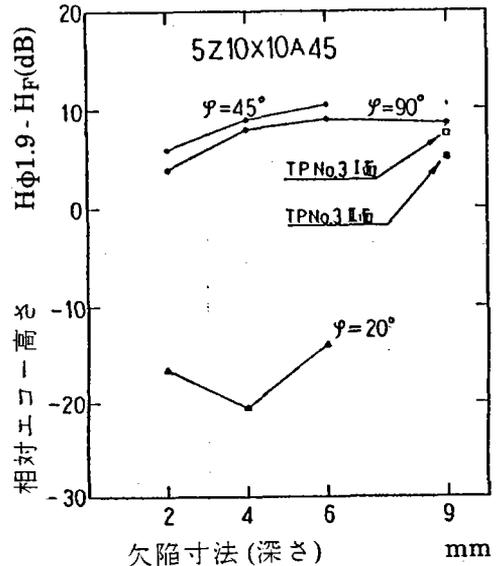


図1 5Z10x10A45

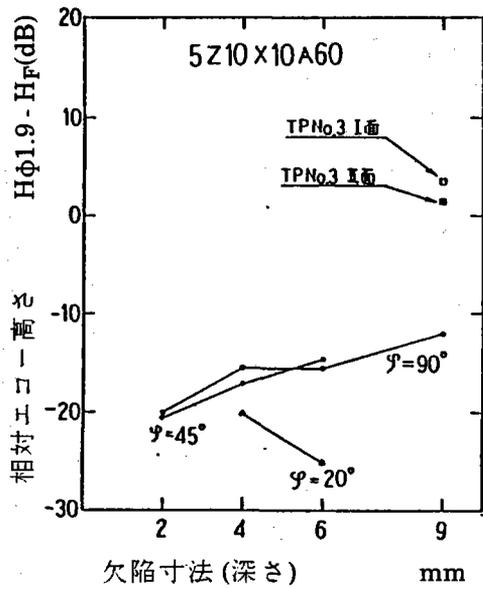


図2 5Z10×10A60

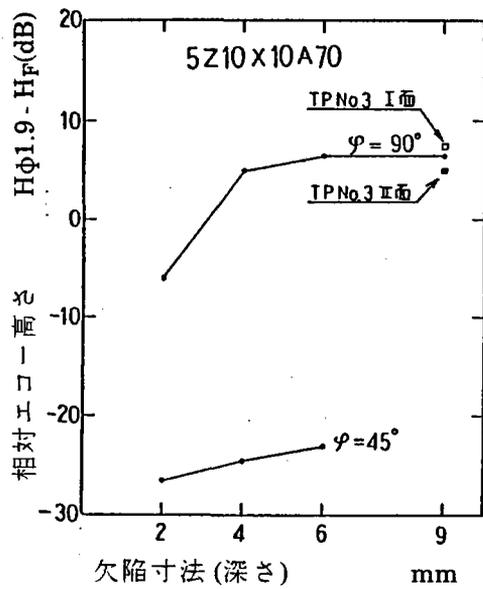


図3 5Z10×10A70

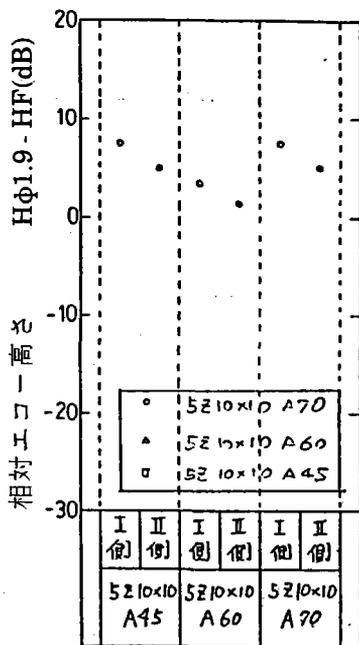


図4 TP No. 3

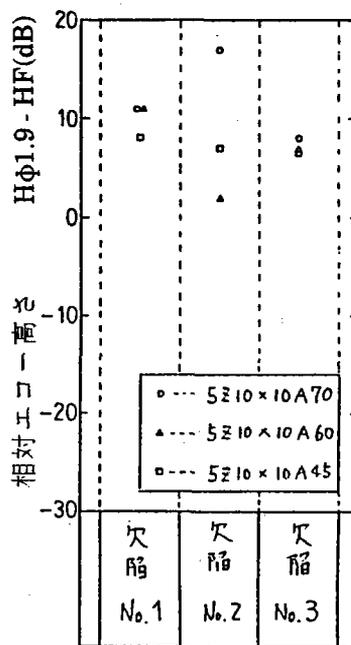


図5 TP No. 4

T. P. No.2 は試験片寸法・形状および割れの位置より、超音波探傷は適用不可となった。

この結果より確認されたことを下記に示す。

○ 塗膜付試験体

- a. 全ての欠陥を検出できたのは屈折角45°だけであった。しかし45°においても欠陥の傾き0°及び20°については傾き45°及び90°に比べると20~30dB低いエコー高さであった。

- b. 60°においては、全体的に低いエコー高さであった。これは基準感度が横穴であるためモード変換による損失が含まれていると考えられる。
- c. 70°においては $\phi=45^\circ$ 及び90°が検出できた。この内90°については欠陥がコーナ反射になり高いエコー高さが得られた。
- TP No. 3、No. 4
 - a. No. 3においては、両面とも全ての角度で相対エコー高さは0dB以上であった。
 - b. No. 4においても全ての角度で相対エコー高さは0dB以上得られ全ての欠陥が検出できた。

(2) 反射源位置の確認

探傷により得られたビーム路程(W)と探触子一欠陥距離(YF)により求めた反射源位置を図6~7に示す。

この結果より確認された事を下記に示す。

- a. 塗膜付試験体は欠陥の傾き0°以外では反射源は欠陥位置であった。
- b. TP No. 3、No. 4も全て欠陥からのエコーであった。

参考： TP No. 3及び塗装膜付試験体は不完全溶け込み溶接であり、欠陥以外のエコーが検出された。その例を、図6の0°に示す。

(3) 欠陥指示長さ

塗膜付試験体の10dBドロップ法とL線カット法の測定結果を図8~10に示す。又全ての測定結果と図面上の欠陥長さとの比較を図11に示す。

- 10dBドロップ法
 - a. 屈折角45°の場合、全て測定できた
 - b. 屈折角60°の場合、 $\phi 20^\circ$ 以外は全て測定できた
 - c. 屈折角70°の場合、 $\phi 90^\circ$ は全て測定できた
- L線カット法
 - a. 屈折角45°の場合、 $\phi 20^\circ$ 以外は全て測定できた
 - b. 屈折角60°の場合、 $\phi 90^\circ$ の $d=9\text{mm}$ が測定できた
 - c. 屈折角70°の場合、 $\phi 90^\circ$ は全てが測定できた
- 両者及び図面上欠陥長さとの比較
 - a. 10dBドロップ法は欠陥長さと比較すると全て $\pm 3\text{mm}$ の範囲内であり、L線カット法は最大長さ17mmで、長さについての比較は10dBドロップ法がL線カット法より図面長さに近い値を示した。

TP No. 3及びNo. 4についての10dBドロップ法とL線カット法の測定結果は図12~13に示す。この試験体については自然欠陥であり欠陥長さが確認できない為両者の比較検討はできなかった。
- 欠陥高さ測定

欠陥高さの測定は、人工クラック傾向き90°、及び焼戻し割れ試験体で可能であった。

③ 渦流探傷試験

塗膜付試験体の結果を図8~10及び図14に示す。又、図面上の欠陥長さとの比較を図11に示す。

a. $\phi 0^\circ$ で $d=2\text{mm}$ 以外の欠陥は全て検出できた

b. 欠陥長さは図面上の長さより、 $\phi 0^\circ$ で $d=4\text{mm}$ 以外は全て長かった。その範囲は 2mm から 22mm であった。TP No. 3についての結果を図12に示すが実際の欠陥長さとの対応は無理であるが超音波との結果とは良く対応していた。

TP No. 4については欠陥が検出できなかった(S/N比は2未満)これは感度余裕を増加して再試験を行う。

④ 磁粉探傷試験

磁粉探傷試験の写真結果をP20~21に示す。又欠陥長さを図8~10、12~13に示す。さらに図面上の欠陥長さとの比較を図11に示す。

a. 塗膜付試験体、TP No. 3及びTP No. 4の全ての欠陥が検出された

b. 塗膜付試験体の欠陥長さは図面上の欠陥長さと $\pm 1\text{mm}$ の範囲で対応していた

⑤ 赤外線熱画像撮影

局部加熱による赤外線画像では、板厚 9mm に対し深さ 6mm 以上のスリットは識別でき、 $10\text{cm}\times 10\text{cm}$ 視野(距離 25cm)の設定で長さ 10mm は検出可能である。

⑥ 膜厚測定

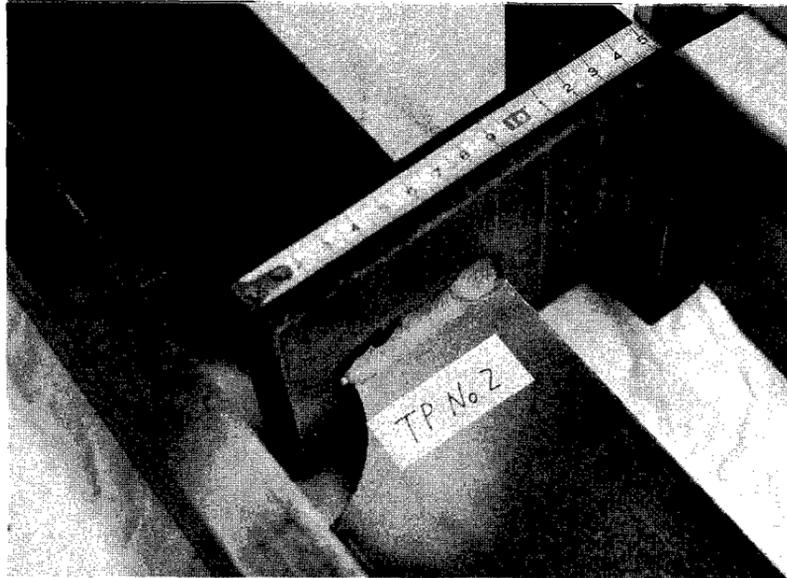
塗膜厚さは、止端部近傍と超音波探触子走査面上で 0.05mm の差は有るが、膜厚 $200\mu\text{m}$ 以上であった。

浸透探傷試験 (溶剤除去性染色探傷試験)

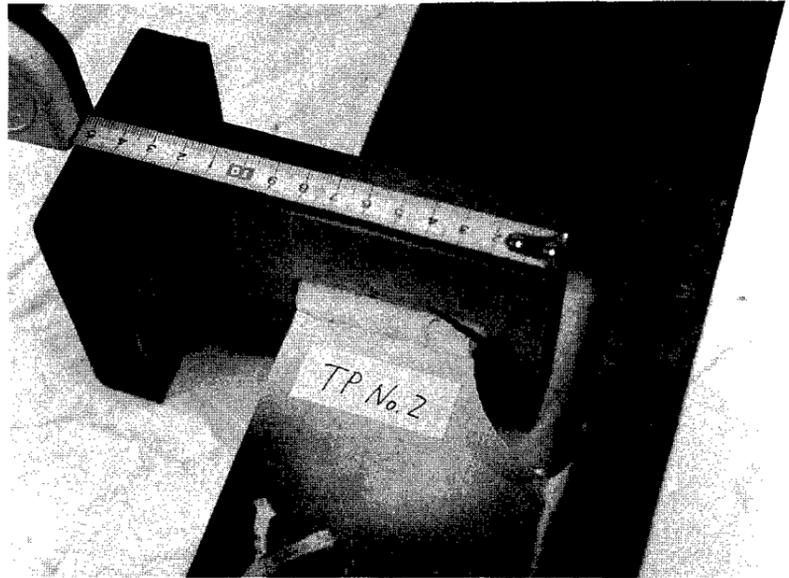
浸透探傷試験 (溶剤除去性染色浸透探傷試験)

TP No.2

I 側



II 側



TP No.3

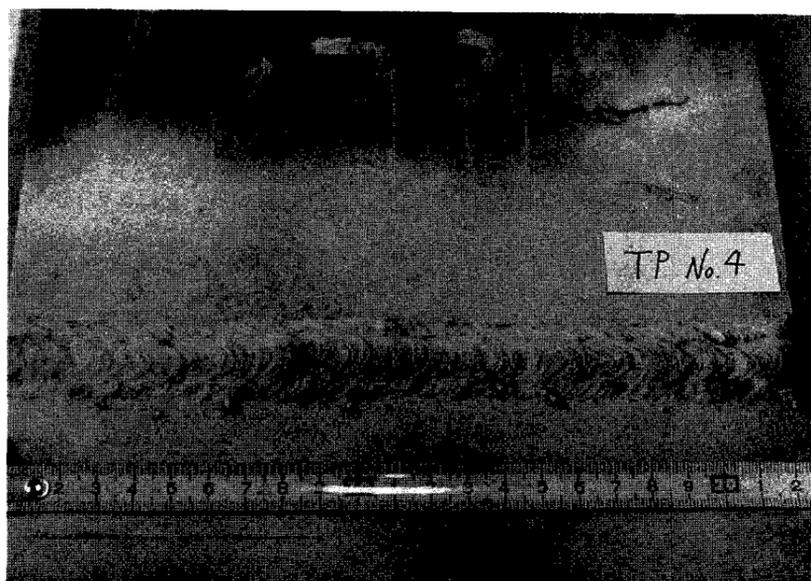
I 側



II 側



TP No.4



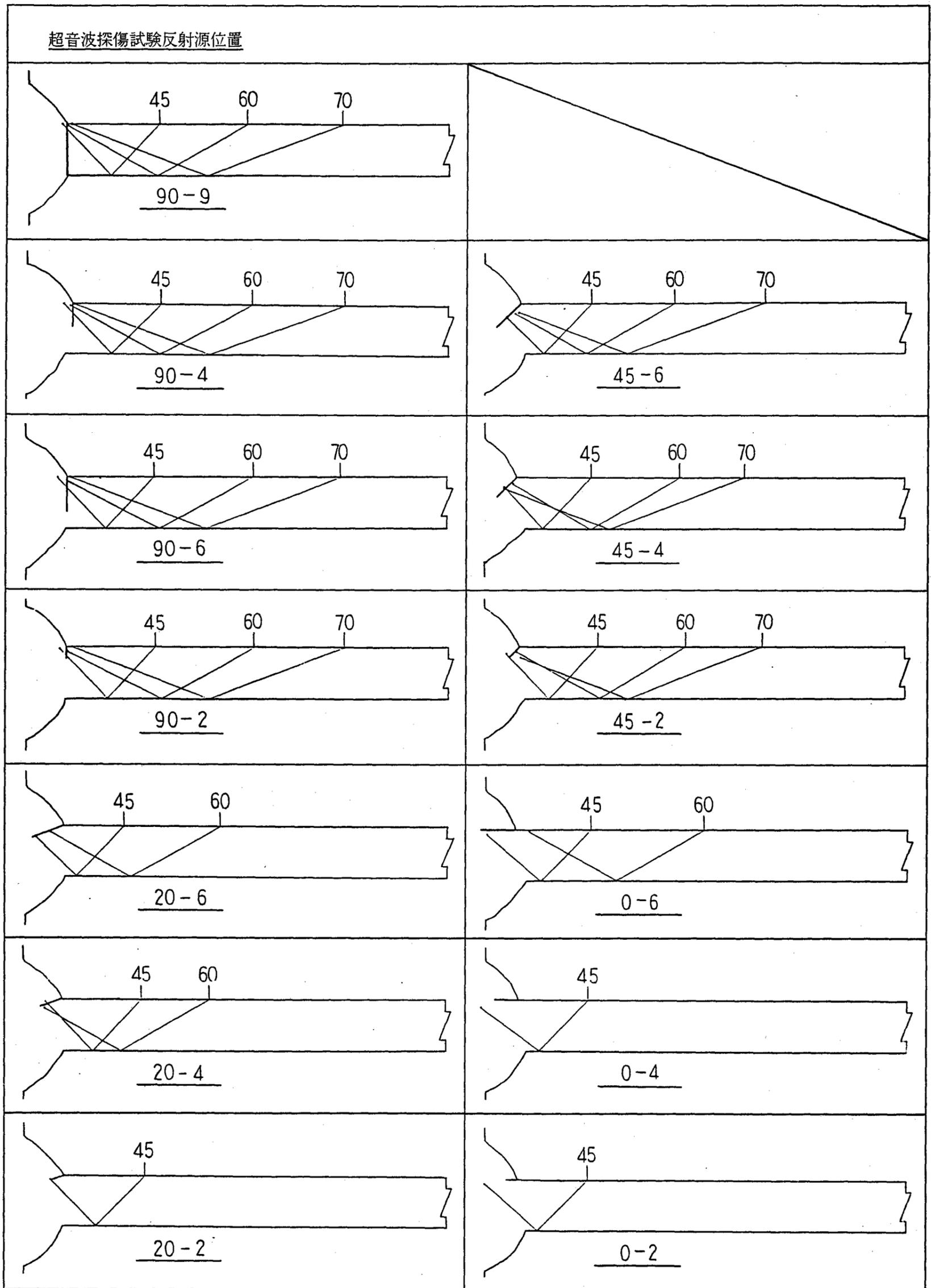


図6 スリット試験体の超音波反射源位置

超音波探傷試験反射源位置

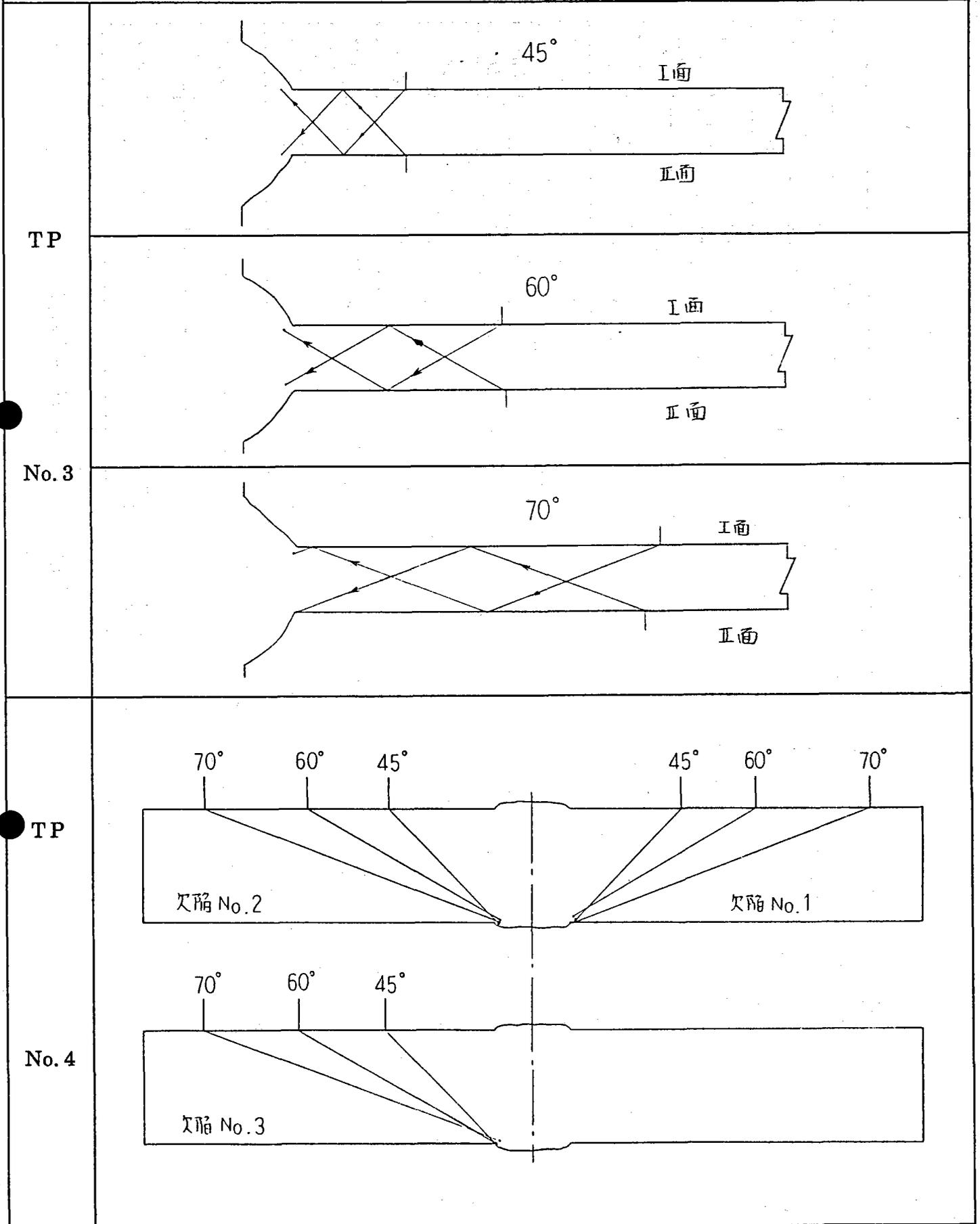


図7 疲労割れ及び焼戻し割れ試験体の超音波反射源位置

欠陥 No. 図面上の 欠陥長さ		90 - 9		90 - 6		90 - 4		90 - 2	
		X_E X_S 62 52	$\ell=10$	X_E X_S 132 122	$\ell=10$	X_E X_S 202 192	$\ell=10$	X_E X_S 272 262	$\ell=10$
5 Z 10×10 A 45	10 dB ドロップ 法	61 50	$\ell=11$	132 121	$\ell=11$	202 190	$\ell=12$	273 261	$\ell=12$
	L線 カット 法	64 49	Xmax 57	135 118	Xmax 127	204 188	Xmax 197.5	274 259	Xmax 265
5 Z 10×10 A 60	10 dB ドロップ 法	62 52	$\ell=10$	132 120	$\ell=12$	200 191	$\ell=9$	272 260	$\ell=12$
	L線 カット 法	62 52	Xmax 55	/		Xmax 127	Xmax 197	/	
5 Z 10×10 A 70	10 dB ドロップ 法	62 51	$\ell=11$	132 121	$\ell=11$	202 191	$\ell=12$	273 260	$\ell=13$
	L線 カット 法	64 50	Xmax 57	135 119	Xmax 127	205 189	Xmax 196.5	272 262	Xmax 268
磁粉探傷試験		62 52	$\ell=10$	132 121	$\ell=11$	202 192	$\ell=10$	272 262	$\ell=10$
渦流探傷試験		65 50	$\ell=15$	135 118	$\ell=15$	205 190	$\ell=15$	273 262	$\ell=11$

図8 スリット試験体 ($\phi = 90^\circ$) の欠陥検出状況

欠陥 No. 図面上の 欠陥長さ		45 - 6		45 - 4		45 - 2	
		X_E X_S 59 49	$\ell=10$	X_E X_S 129 119	$\ell=10$	X_E X_S 199 189	$\ell=10$
5 Z 10×10 A 45	10 dB ドロップ 法		$\ell=11$		$\ell=12$		$\ell=13$
	L線 カット 法		Xmax 55 $\ell=15$		Xmax 122 $\ell=16$		Xmax 194 $\ell=16$
5 Z 10×10 A 60	10 dB ドロップ 法		$\ell=11$		$\ell=7$		$\ell=12$
	L線 カット 法		Xmax 52		Xmax 121		Xmax 194
5 Z 10×10 A 70	10 dB ドロップ 法		Xmax		Xmax		Xmax
	L線 カット 法		56.5		122		193
磁粉探傷試験			$\ell=10$		$\ell=9$		$\ell=10$
渦流探傷試験			$\ell=12$		$\ell=12$		$\ell=12$

図9 スリット試験体 ($\phi = 45^\circ$) の欠陥検出状況

欠陥No. 図面上の欠陥長さ		20 - 6		20 - 4		20 - 2	
		X_E X_S 66 56	$\ell=10$	X_E X_S 136 126	$\ell=10$	X_E X_S 206 196	$\ell=10$
5 Z 10×10 A 45	10 dB ドロップ 法	$\ell=13$ 68 55	X_{max} 60.5	$\ell=12$ 137 125	X_{max} 131	$\ell=12$ 208 196	X_{max} 203.5
	L線 カット 法						
5 Z 10×10 A 60	10 dB ドロップ 法		X_{max} 57	$\ell=9$ 136 127	X_{max} 131		
	L線 カット 法						
5 Z 10×10 A 70	10 dB ドロップ 法						
	L線 カット 法						
磁粉探傷試験		67 57	$\ell=10$	136 126	$\ell=9$	207 196	$\ell=11$
渦流探傷試験		68 55	$\ell=13$	142 125	$\ell=17$	216 194	$\ell=22$

図10 スリット試験体 ($\phi = 20^\circ$) の欠陥検出状況

		20 - 6		20 - 4		20 - 2	
図面欠 上陥長 さ	X_E X_S 62 52	$\ell=10$	X_E X_S 132 122	$\ell=10$	X_E X_S 202 192	$\ell=10$	
測定長 さ	63 51	$\ell=12$	132 130	$\ell=2$			

図14 スリット試験体 ($\phi = 0^\circ$) の欠陥検出状況

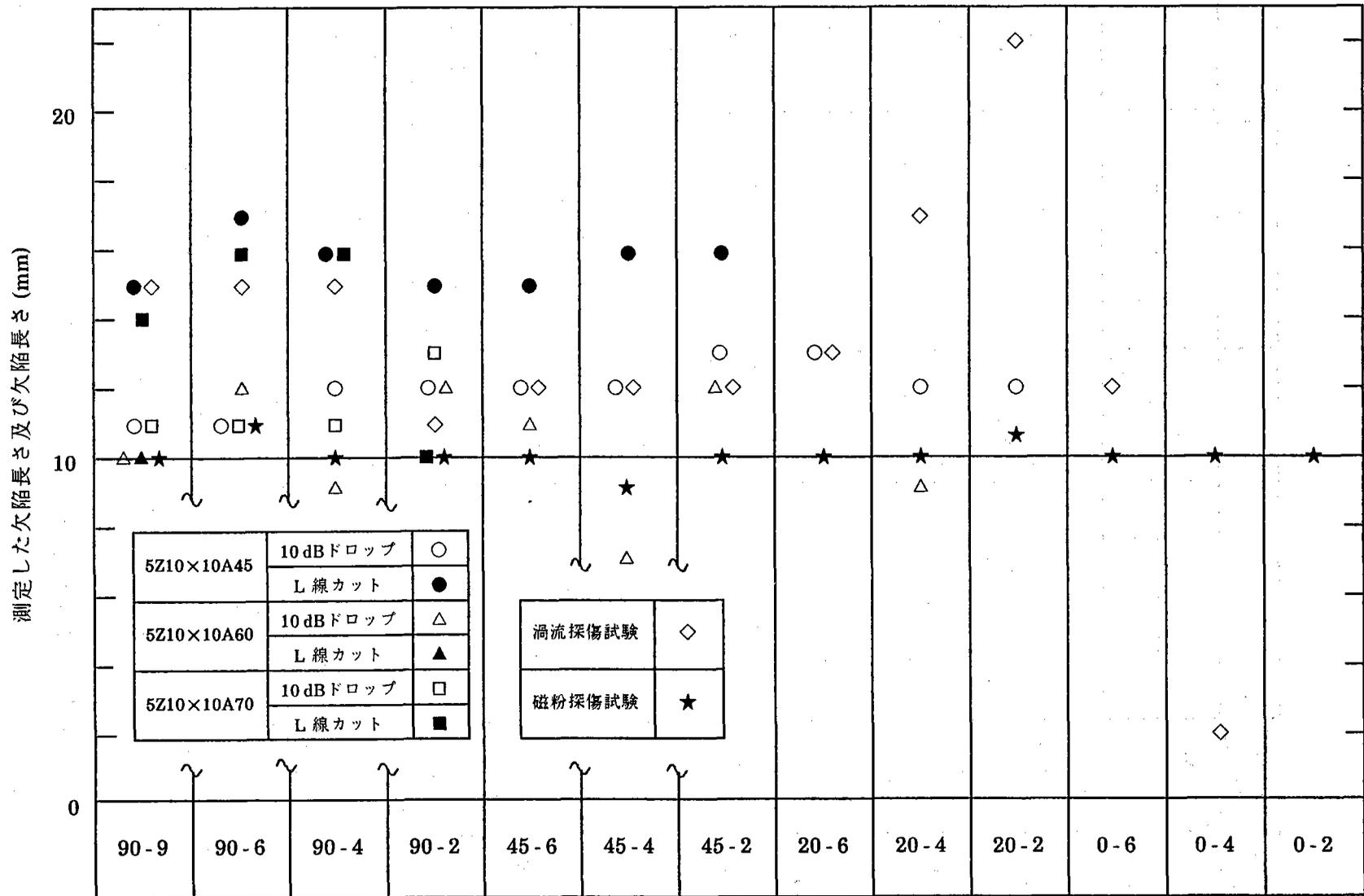


図11 スリット試験体 ($\phi = 90^\circ, 45^\circ, 20^\circ, 0^\circ$) の欠陥検出状況一覧表

探傷面 端面からの 距離		I 面		II 面	
測定条件					
5 Z 10×10 A 45	10 dB ドロップ 法		$\ell=17$		$\ell=17$
	L線 カット 法		Xmax 10		Xmax 10
5 Z 10×10 A 60	10 dB ドロップ 法		$\ell=17$		$\ell=15$
	L線 カット 法		Xmax 18		Xmax 11.5
5 Z 10×10 A 70	10 dB ドロップ 法		$\ell=11$		$\ell=11$
	L線 カット 法		Xmax 15		Xmax 16
磁粉探傷試験			$\ell=23$		$\ell=20$
渦流探傷試験			$\ell=20$		$\ell=21$

図12 疲労割れ試験体の欠陥検出状況 (T. P. No. 3)

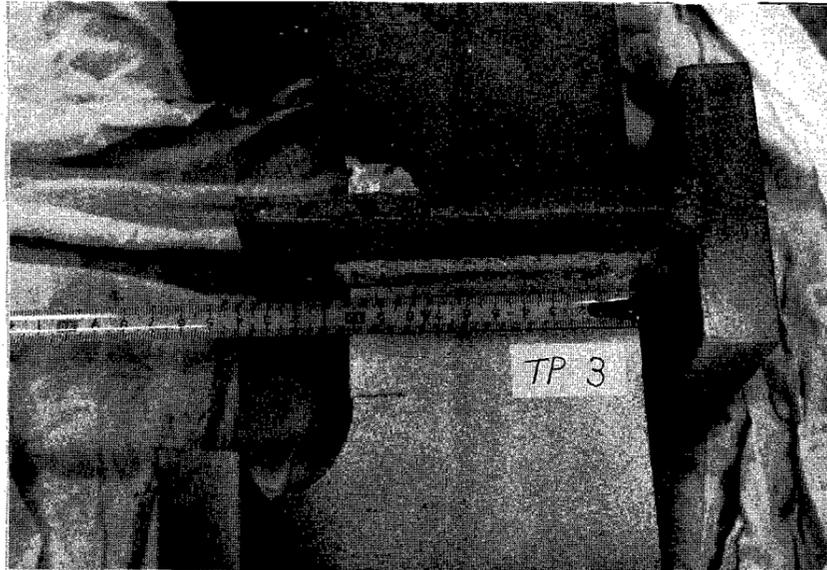
欠陥 No. 端面からの 距離		1		2		3				
		測定条件								
5 Z 10×10 A 45	10 dB ドロップ 法			$\ell=65$			$\ell=14$			$\ell=25$
	L線 カット 法			Xmax 163			Xmax 83			Xmax 129
5 Z 10×10 A 60	10 dB ドロップ 法			$\ell=25$			$\ell=18$			$\ell=42$
	L線 カット 法			Xmax 157			Xmax 84			Xmax 143
5 Z 10×10 A 70	10 dB ドロップ 法			$\ell=58$			$\ell=6$			$\ell=33$
	L線 カット 法			Xmax 168			Xmax 84			Xmax 157
磁粉探傷試験				$\ell=66$			$\ell=12$			$\ell=40$

図13 SR 焼れ試験体の欠陥検出状況 (T. P. No. 4)

磁粉探傷試験

TP No.3

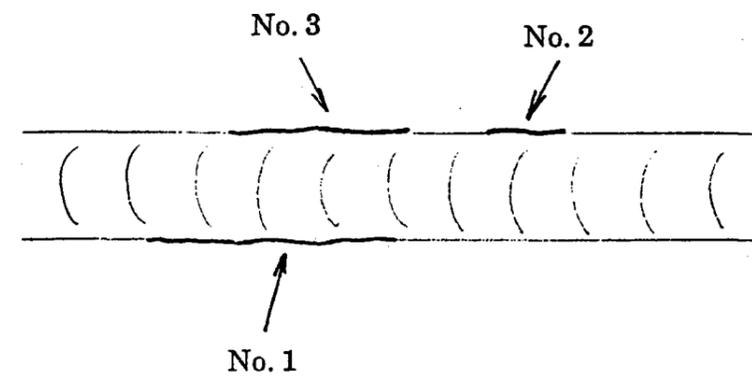
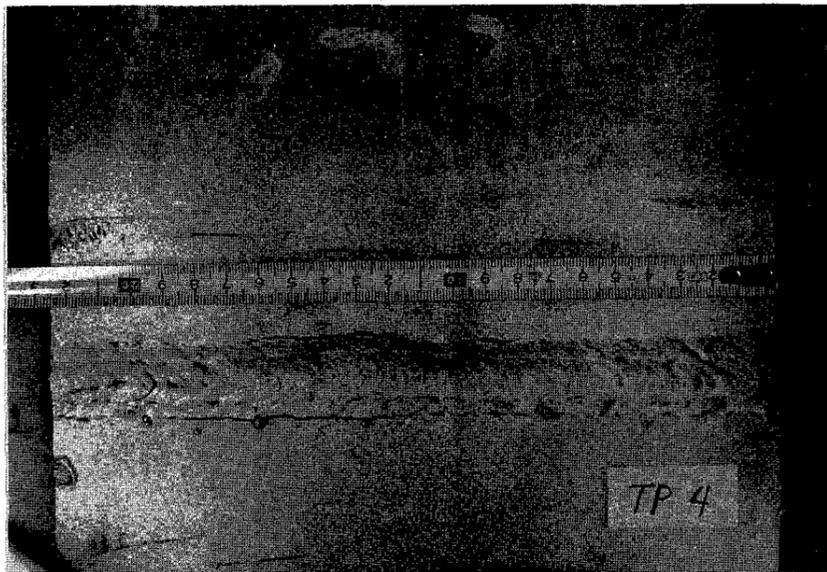
I 側



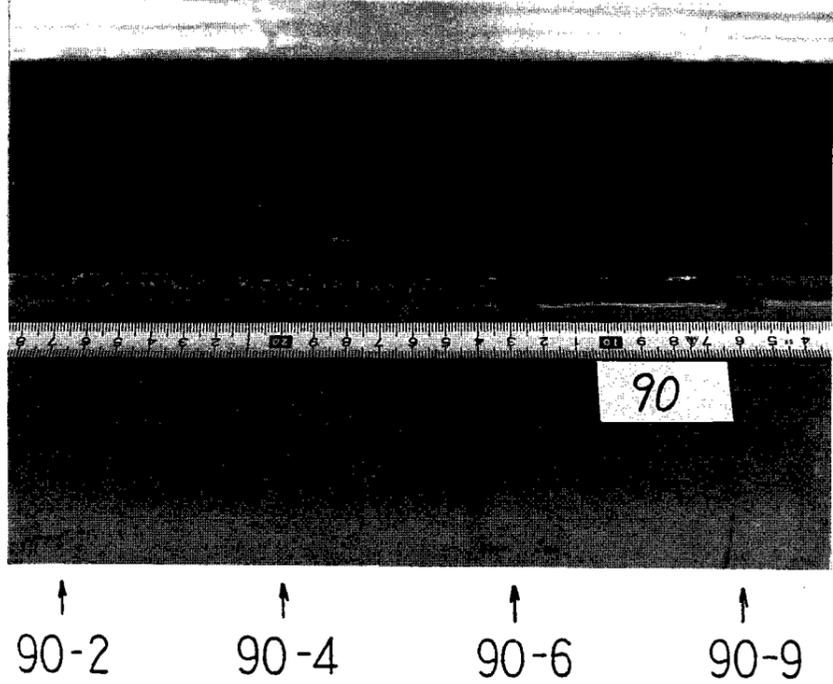
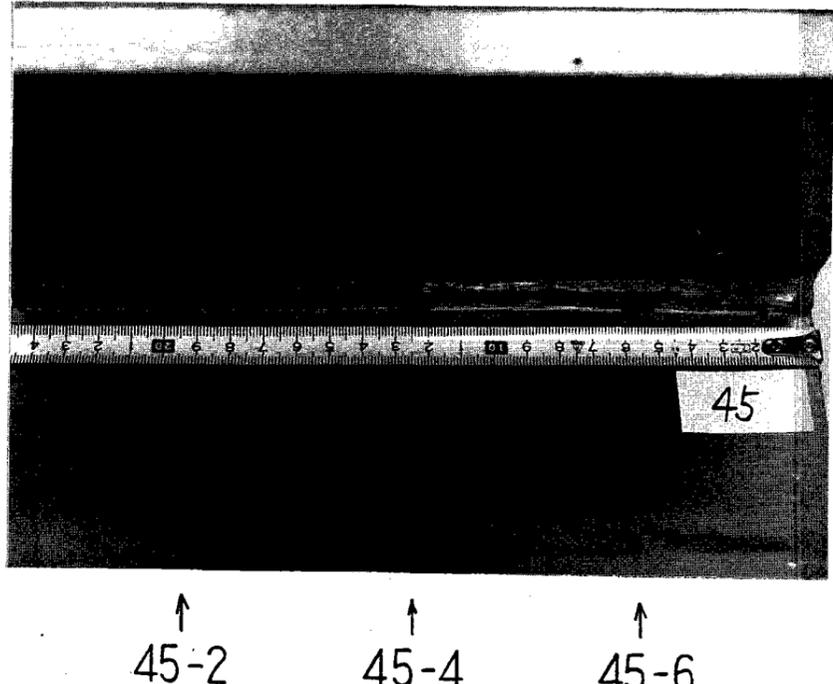
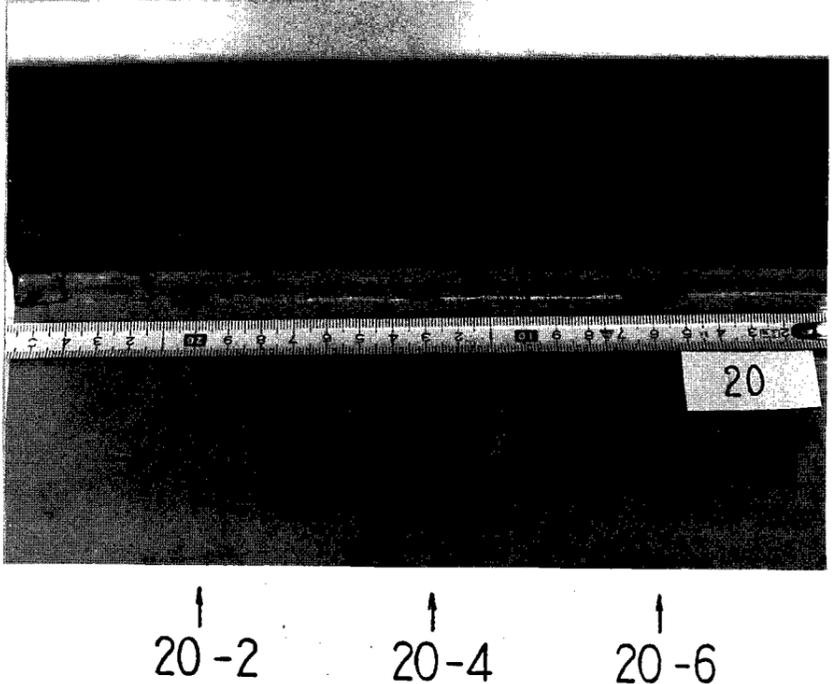
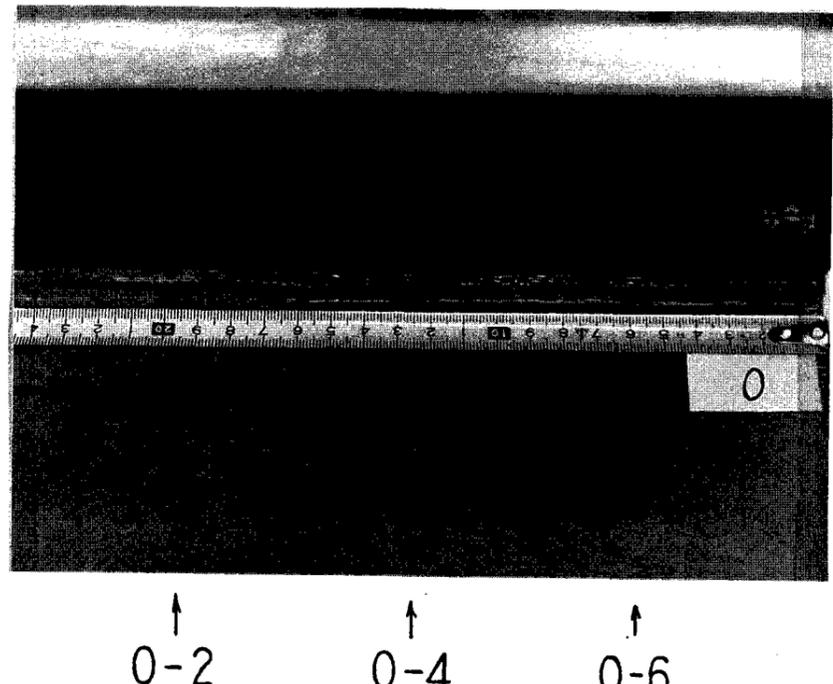
II 側



TP No.4



磁粉探傷試験

90		45	
20		0	

(3) 実験結果その2

第2回隅肉止端部疲労割れ検出(第2回報告)

1) はじめに

本実験は、隅肉溶接部に発生した疲労割れの検出に関し、第一報で実験に供した試験体に対して、塗膜剥離あるいは塗装を施すことで、同一検査手法での検出能に生じる変化を調査することを目的として行った。

2) 試験片及び適用試験項目

実験に供した試験片及び適用試験項目を表1に示した。表中(◎)印が本実験で適用した試験項目である。

3) 試験装置、治具

実験に用いた試験装置は以下のとおりである。

① 浸透探傷試験 (PT)

- | | | |
|-----------------|-------|----------|
| a. 溶剤除去性染色浸透探傷剤 | UP-II | (マークテック) |
| b. 速乾式現像剤 | UD-ST | (マークテック) |
| c. 速乾性洗浄液 | UR-ST | (マークテック) |

② 磁粉探傷試験 (MT)

- | | | |
|------------|--------|------------------|
| a. 極間式磁化装置 | ポニーマグナ | M-26 (ポニー原子工業) |
| b. 磁粉 | 蛍光磁粉 | LY-2300 (マークテック) |
| | 黒色磁粉 | BW-303 (マークテック) |

③ 超音波探傷試験 (UT)

- | | | |
|-----------|------------------|----------|
| a. 超音波探傷器 | FD-610 | (三菱電機) |
| b. 探触子 | 5Z10×10A45/60/70 | |
| c. 対比試験片 | RB4-No.1 | (φ1.9横穴) |

④ 渦流探傷試験 (ET)

- | | | |
|----------|-----------|------------------|
| a. 渦流探傷器 | CS-100 | (新栄電機) |
| | ディフェクトメータ | (クラウトクレマ・フェルスター) |

⑤ 赤外線画像観察 (TG)

- | | | |
|--------------|--------|----------|
| a. 赤外線画像処理装置 | インフラアイ | 560(富士通) |
|--------------|--------|----------|

4) 試験条件

① 浸透探傷試験

溶剤除去性染色浸透液を用い、浸透時間は10分とし速乾式現象法を適用した。

② 磁粉探傷試験

極間法により磁化し、蛍光及び非蛍光磁粉を湿式で適用した。

③ 超音波探傷試験

一探触子斜角法、直接接触法を適用した。接触媒質には75%グリセリンを用い、RB4-No.1(φ1.9横穴)を基準とした。

④ 渦流探傷試験

- | | |
|---|--|
| a. CS-100: 健全部にてバランス調整 | |
| b. ディフェクトメータ: 空中でリフトオフセット、健全部でゼロ
セット感度10dB | |

⑤ 赤外線画像観察

ドライヤーにてスリット裏面を加熱、冷却時の温度分布を観察した。なお、赤外線カメラと被検面との距離を変数に加えた。

5) 試験結果

試験結果を表2にまとめて示す。なお、参考資料として第一報の結果を表3に示した。なお、塗装加工の確認は、電磁式膜厚計SM-4C(サンコウ電子研究所)を用いて行った。

表1と表2の比較において、

- (1) 人工スリット試験体では、全試験項目で有意差はなかった。
- (2) 疲労割れ試験体では、塗装後の試験において、UTでは長目に、MTでは短目に評価した。
- (3) 焼戻し割れ試験体では、塗装後の試験でMTは検出不可となり、またUTでも短く評価した。
- (4) 新規疲労割れ試験体では塗料剥離後の試験において、UTで検出可となる割れもあったが、他2片の試験片ではトウ形状不整の影響か、MTでも検出不可であった。

以上のような傾向が見られ、塗膜の有無は欠陥が微小である場合に検出能に大きく寄与すると考えられる。

6) 検 討

① 超音波探傷

超音波探傷において検出能を決定するのは基準感度設定試験片と、被検面表面状態の差であり、本実験においては塗膜の有無が決定要因となっている。))

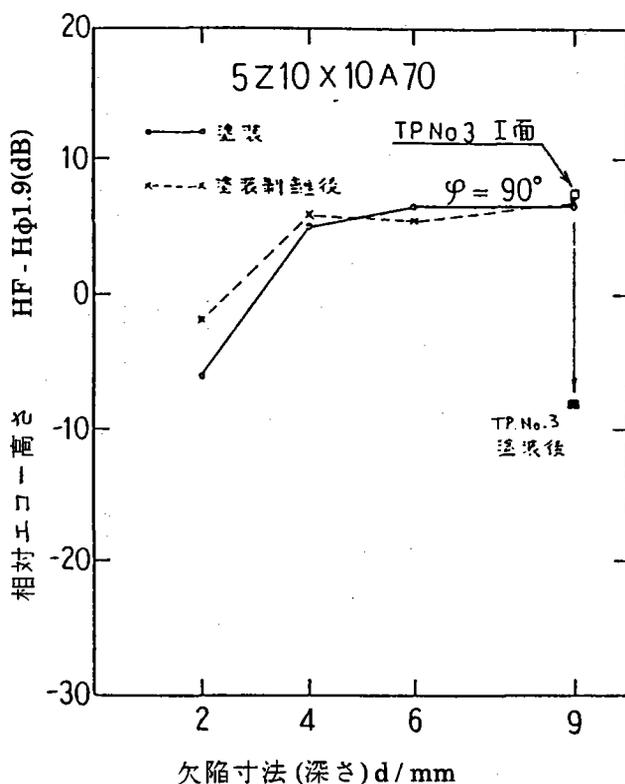


図1 欠陥寸法とエコー高さの関係 (5Z10x10A70)

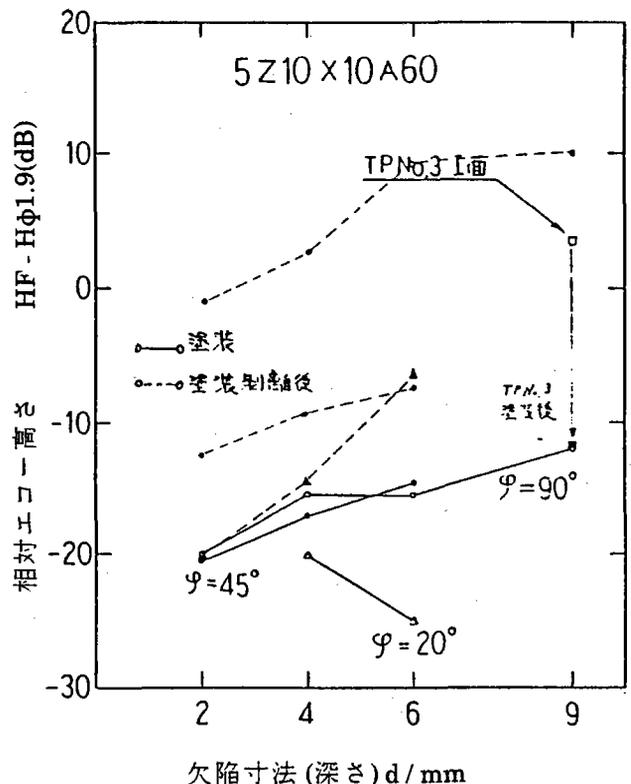


図2 欠陥寸法とエコー高さの関係 (5Z10x10A60)

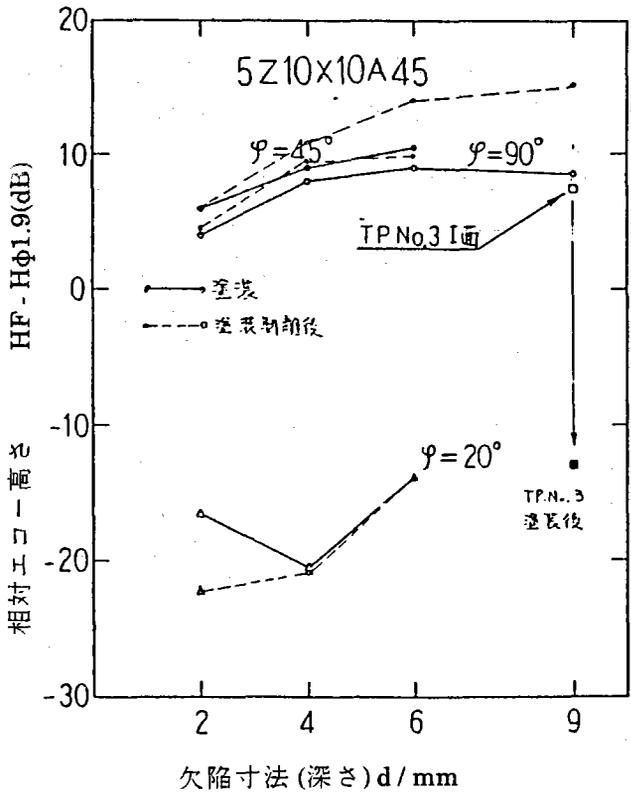


図3 欠陥寸法とエコー高さの関係 (5Z10x10A45)

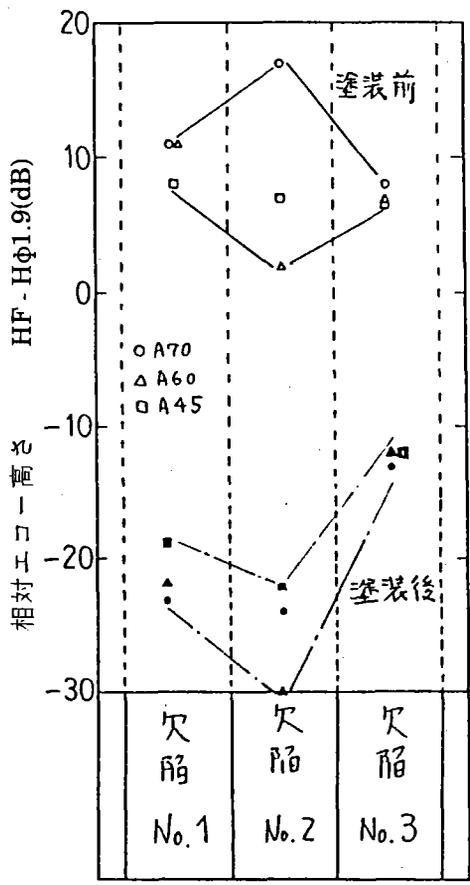


図4 焼戻し割れのエコー高さ

ここで、基本となる人工スリットからの超音波の反射エコー高さについて、塗装剥離前後のデータを図1~3に示す。図1、3では有意差ないが、屈折角60°では $\phi=90^\circ$ で20dBの差、 $\phi=45^\circ$ で10dBの差があり、塗装による検出能低下が著しいことを示した。これは、スリットエッジへの超音波の入射角が、塗膜へ超音波エネルギー伝達に適合したためと考えられる。しかしながら、図中(□, ■)印で示した疲労割れにおいては、全ての屈折角で15~20dBの検出能低下があり、自然欠陥においては、探傷感度の補正の必要性が考えられる。貫通割れで以上の特徴(人工スリットと異なる傾向)が明らかとなったことより、次に微小割れである焼戻し割れについて検討を加える。

図4に焼戻し割れ (No. 1~No. 3) について、エコー高さの塗装剥離前後のデータを示す。

図4より明らかに、塗装により検出能低下を招いている。また、低下量も多く20dB~30dB程度であり、探触子の屈折角には無関係であった。

以上、超音波探傷について検討した結果、被検面に塗装が施してある場合、基準となる試験片に同一塗装を施すか、あるいは探傷感度を20dB程高くする必要があることが判明した。

② 表面検査と塗装の関係

浸透探傷試験は塗装上では適用不可、他方磁粉探傷試験は適用可と一般論があるが、塗装上に割れがある場合、以下の問題点がある。

(1) PTは表面開口部は指示部となる。

(2) MTにおいても開口部に磁粉の停滞が生じ、識別性が低下する。

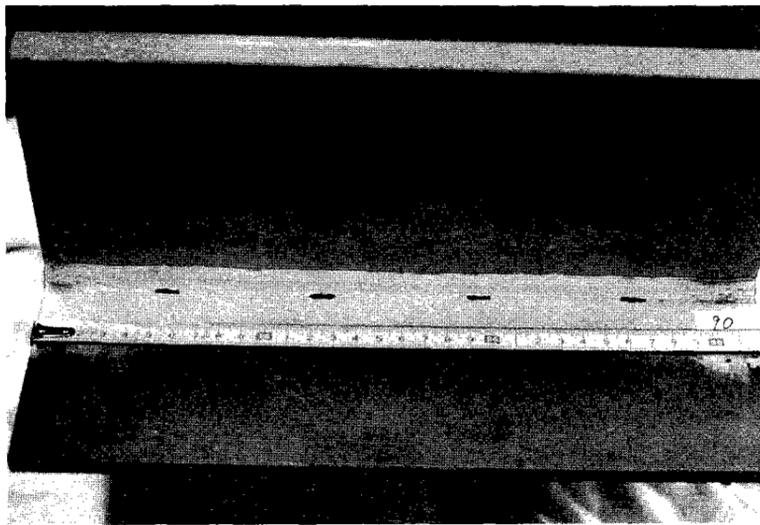
また、人工スリットのように開口幅が広い場合、磁粉がスリット中に溜りを生じ、本質的検出能を発揮し得ない現象が発生する。この場合、表面に均一な塗装がある場合、磁粉の漏洩磁場への移動がスムーズになり識別性を高める効果がある。

③ 赤外線画像観察

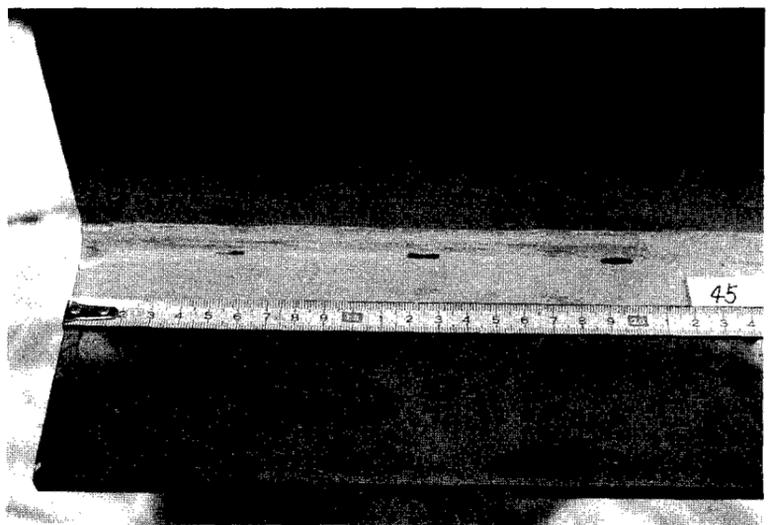
赤外線画像観察の結果について、写真で示すが、識別はプロフィールの急変化で行っており、画像のみでは割れ(スリット)識別は困難である。また、標準装置を適用した場合、 $\phi=90^\circ$ 貫通スリット(長さ10mm)の識別できる限界の観察距離は、2mであった。

浸透探傷試驗結果

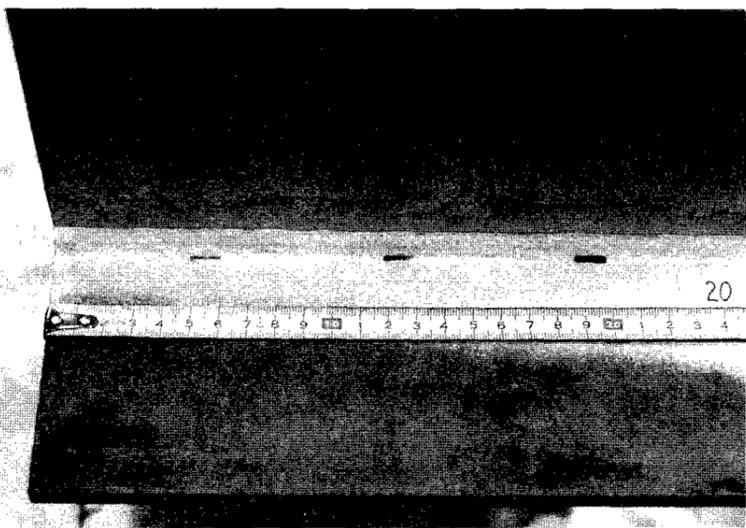
90



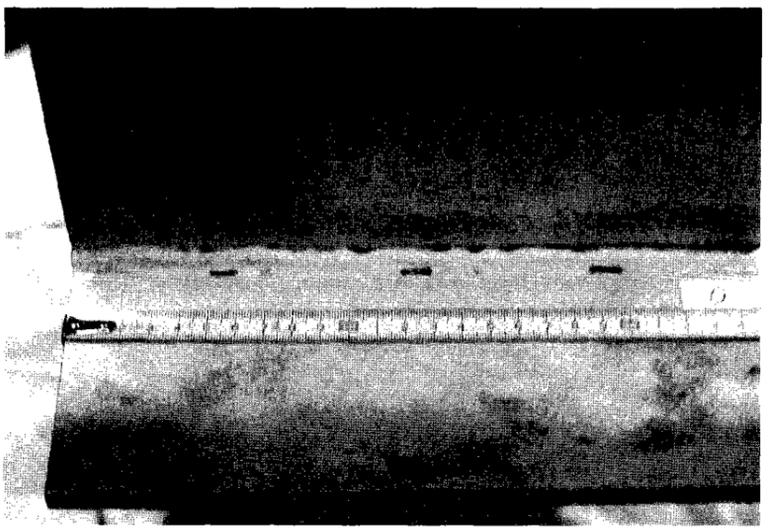
45



20



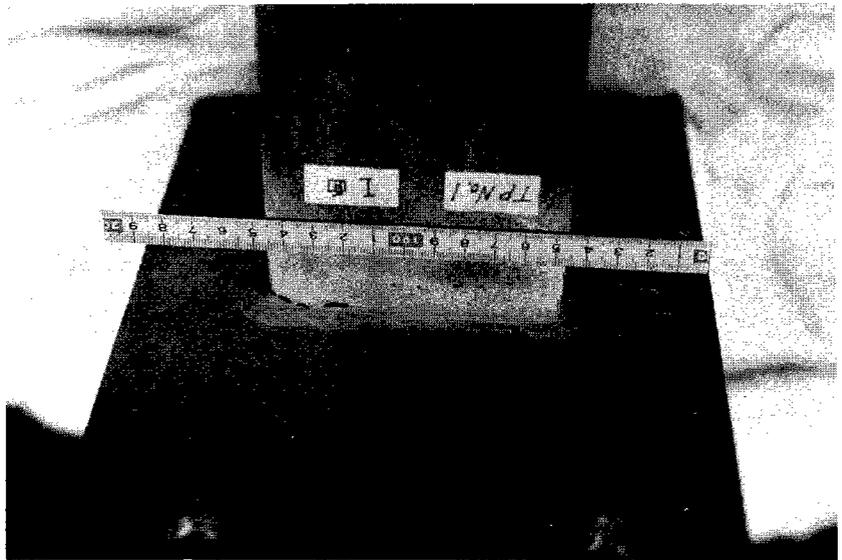
0



浸透探傷試驗結果

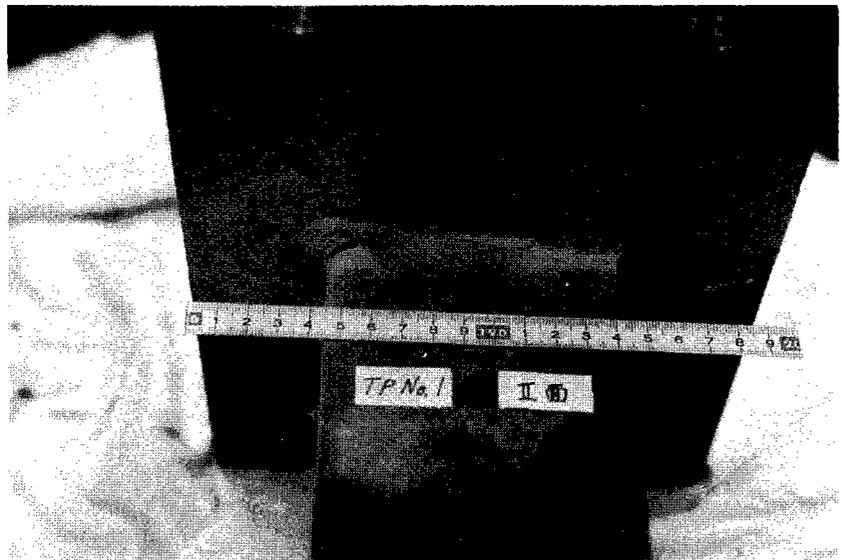
TP No. 1

I 面



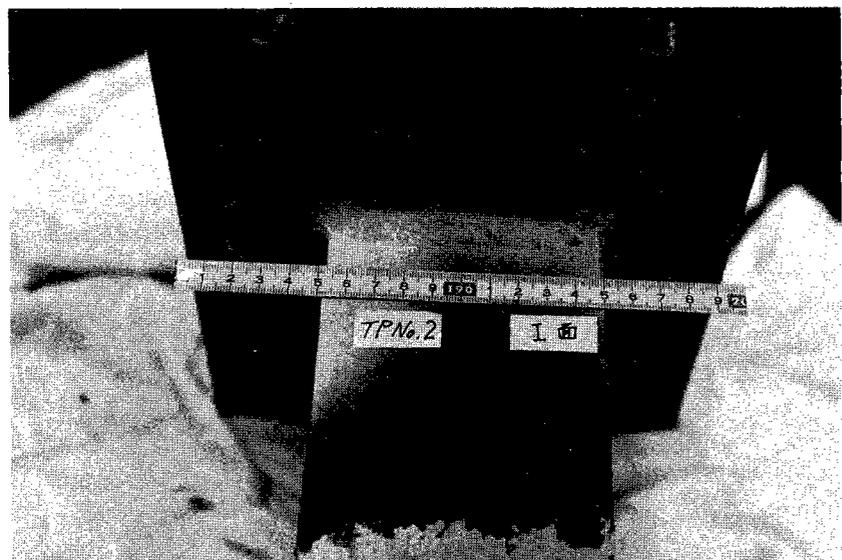
TP No. 1

II 面



TP No. 2

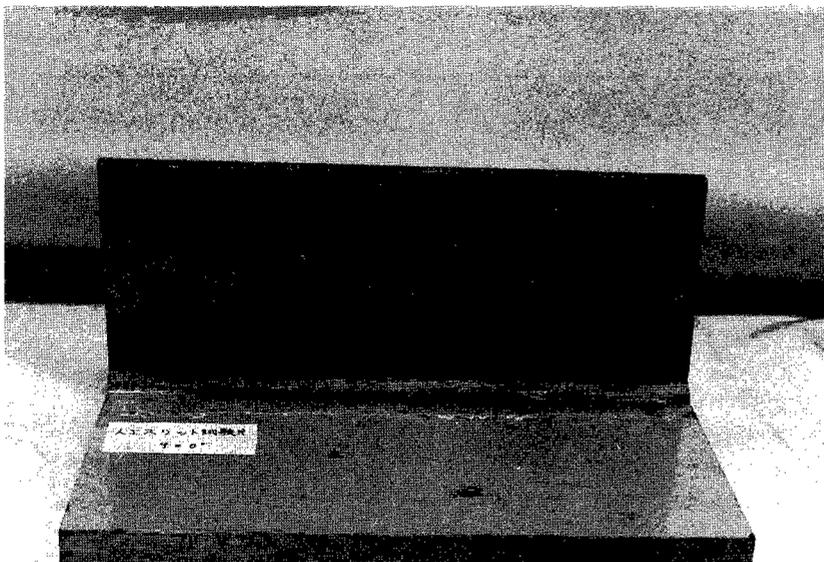
I 面



磁粉探傷試験

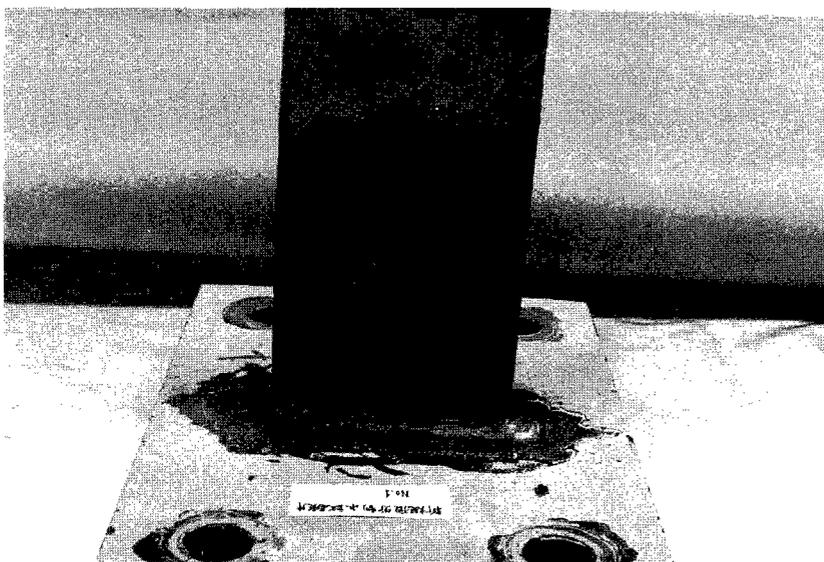
人工スリット

$\phi = 0^\circ$



磁粉探傷試験

新規疲労割れ



磁粉探傷試験

疲労割れ

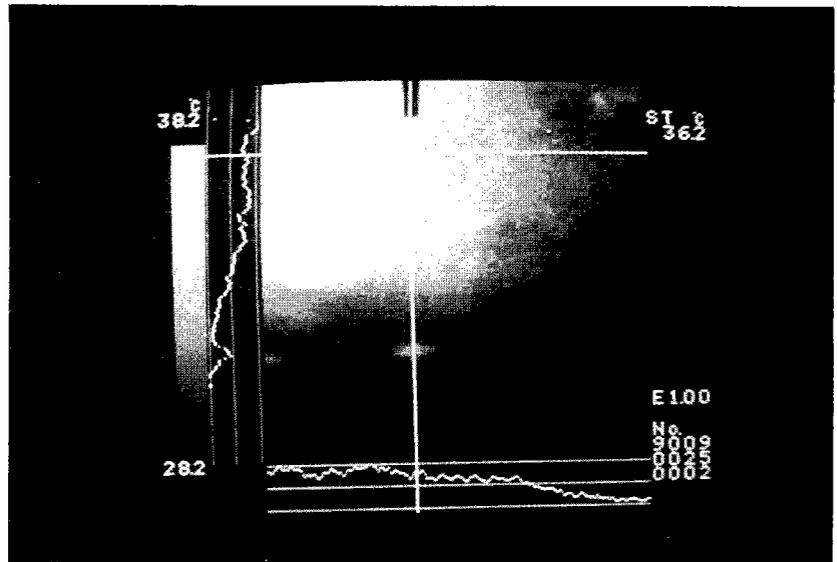


サーモグラフィ

$\phi = 90^\circ$

d = 9mm

$\ell = 25\text{cm}$

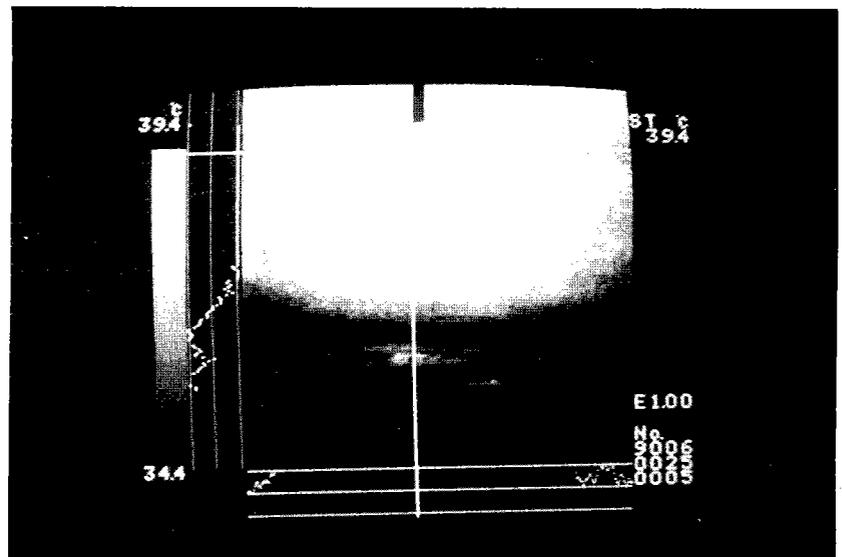


●サーモグラフィ

$\phi = 90^\circ$

d = 6mm

$\ell = 25\text{cm}$



●サーモグラフィ

$\phi = 90^\circ$

d = 4mm

$\ell = 25\text{cm}$

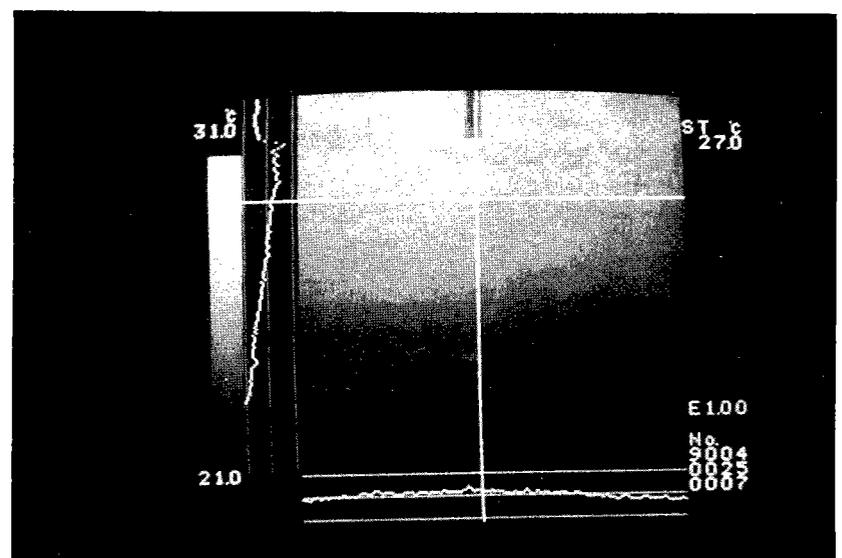


表1 各非破壊検査手法による検出性の比較

記号
 — : 適用せず
 ○ : 検出・評価可
 △ : 検出可
 × : 検出不可
 ⊙ : MTで磁粉液の溜りにより鑑別

試験片 No.	非破壊検査手法 (): 塗膜厚	目視試験 VT	浸透探傷試験 PT	超音波探傷試験 UT				過流探傷試験 ET	磁粉探傷試験 MT	赤外線熱画像撮影TG		
				欠陥検出及び位置推定			欠陥深さ測定 5Z20A45: 25-60 5Z10A70: 0-8					
				5Z10×10 A45	5Z10×10 A60	5Z10×10 A70						
人 工 ス リ ット	90 (スリット角度 90°試験片)	欠陥 (長さ 10 深さ 9)	塗装(0.20~0.25)	—	—	ℓ=11	ℓ=10	ℓ=11	(貫通)	ℓ=15	ℓ=11	○
			塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	ℓ=12	(貫通)	ℓ=15	ℓ=10	○
		欠陥 (長さ 10 深さ 6)	塗装(0.22~0.27)	—	—	ℓ=11	ℓ=12	ℓ=11	5.8	ℓ=15	ℓ=11	○
			塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	ℓ=12	—	ℓ=15	ℓ=10	○
		欠陥 (長さ 10 深さ 4)	塗装(0.27~0.30)	—	—	ℓ=12	ℓ=9	ℓ=11	4.0	ℓ=15	ℓ=10	○
			塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	ℓ=10	—	ℓ=15	ℓ=10	○
	45 (スリット角度 45°試験片)	欠陥 (長さ 10 深さ 6)	塗装(0.24~0.29)	—	—	ℓ=12	ℓ=12	ℓ=13	1.9	ℓ=11	ℓ=10	△
			塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	ℓ=10	—	ℓ=12	ℓ=10	△
		欠陥 (長さ 10 深さ 4)	塗装(0.19~0.27)	—	—	ℓ=12	ℓ=11	△	—	ℓ=12	ℓ=10	○
			塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	×	—	ℓ=12	ℓ=10	○
		欠陥 (長さ 10 深さ 2)	塗装(0.21~0.26)	—	—	ℓ=12	ℓ=7	△	—	ℓ=12	ℓ=9	—
			塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	×	—	ℓ=12	ℓ=10	○
20 (スリット角度 20°試験片)	欠陥 (長さ 10 深さ 6)	塗装(0.20~0.26)	—	—	ℓ=13	ℓ=12	△	—	ℓ=12	ℓ=10	—	
		塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	×	—	ℓ=12	ℓ=10	—	
	欠陥 (長さ 10 深さ 4)	塗装(0.21~0.26)	—	—	ℓ=13	△	×	—	ℓ=13	ℓ=10	—	
		塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	×	注1	ℓ=12	ℓ=10	—	
	欠陥 (長さ 10 深さ 2)	塗装(0.18~0.24)	—	—	ℓ=12	ℓ=9	×	—	ℓ=17	ℓ=10	—	
		塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	×	—	ℓ=12	ℓ=10	—	
0 (スリット角度 0°試験片)	欠陥 (長さ 10 深さ 6)	塗装(0.21~0.26)	—	—	ℓ=13	△	×	—	ℓ=13	ℓ=10	—	
		塗装無し	○	○	ℓ=10	ℓ=10	×	—	ℓ=12	ℓ=10	—	
	欠陥 (長さ 10 深さ 4)	塗装(0.22~0.29)	—	—	×	×	×	—	ℓ=12	ℓ=10	○	
		塗装無し	○	○	×	×	×	—	ℓ=12	ℓ=10	○	
	欠陥 (長さ 10 深さ 2)	塗装(0.21~0.29)	—	—	×	×	×	—	ℓ=12	ℓ=10	○	
		塗装無し	○	○	×	×	×	—	ℓ=12	ℓ=10	—	
疲労割れ	3	工面(表)	塗装(0.36)	×	—	ℓ=25	ℓ=26	ℓ=23	(貫通)	ℓ=20	ℓ=13	—
			塗装無し	ℓ=20	ℓ=24	ℓ=17	ℓ=17	ℓ=11	(貫通)	ℓ=20	ℓ=23	—
	3	工面(裏)	塗装(0.34)	×	—	ℓ=18	ℓ=20	ℓ=22	(貫通)	ℓ=20	ℓ=5	—
			塗装無し	ℓ=20	ℓ=19	ℓ=17	ℓ=15	ℓ=11	(貫通)	ℓ=21	ℓ=20	—
焼き戻し割れ	4	No1	塗装(0.07)	×	—	ℓ=8	ℓ=5	ℓ=14	—	×	×	—
			塗装無し	×	△	ℓ=65	ℓ=57	ℓ=58	3.5	×	ℓ=66	—
	4	No2	塗装(0.07)	×	—	ℓ=13	ℓ=20	ℓ=30	—	×	×	—
			塗装無し	×	×	ℓ=14	ℓ=18	ℓ=6	3.5	×	ℓ=12	—
	4	No3	塗装(0.07)	×	—	ℓ=35	ℓ=20	ℓ=40	—	×	×	—
			塗装無し	×	×	ℓ=25	ℓ=42	ℓ=33	2.8	×	ℓ=40	—
疲労割れ(新製作台)	No1	1	塗装(0.26~0.27)	注3 ℓ=25	—	×	×	×	—	ℓ=28	ℓ=24	—
			塗装無し	ℓ=20	ℓ=25	×	ℓ=30	ℓ=16	(貫通)	ℓ=28	ℓ=30	—
	No2	2	塗装(0.26~0.28)	注3 ℓ=8	—	×	×	×	—	×	△ ℓ=6	—
			塗装無し	×	×	×	×	×	—	×	×	—
	No3	3	塗装(0.27~0.29)	×	—	×	×	×	—	×	×	—
			塗装無し	×	×	×	×	×	—	×	×	—

注1 使用探触子では止端部のため人工クテック先端まで超音波が到達せず。

注2 溶接金属で最大振幅を示し、止端部での欠陥検出性能低下。

注3 塗膜クテック長を示す。

注4 ℓはクテック長を示す。単位はmm。

3-2. 既存耐荷力検討報告書に対する審議

(1) 審議結果

1) まえがき

62年度は「現橋の耐荷力判定業務報告書」その1、その2をサンプル資料として各自が検討を加え、現時点での判定基準環境との相違、今後の発展性等も含め討議した。当メンバーは橋梁メーカ、コンサルタント、製鉄メーカー等多方面から構成され、広範囲な観点から意見を述べた。今回は「報告書その1」の検討成果を述べる。

対象となる橋梁構造物は昭和2年竣工されたアーチ橋($l=90m$)である。竣工後数十年を経て、交通量の増加と外観的にも老朽化が目立ち、使用性からも検討を加えるべく、本橋の健全度および残余の耐用性の判定資料を得る目的で調査されたものである。

調査内容は次の通りである。

1. 現橋調査
 - 1-1 外観調査 (板厚測定)
 - 1-2 鋼材試験 (分析、強度試験)
 - 1-3 実交通での応力測定
- 14 動的載荷試験
2. 実測応力度と計算応力度の比較
 - 2-1 計算応力度
 - 2-2 実測応力度
 - 2-3 考察
3. 主構および床組の補強

今回はこの報告書に対する検討成果をのべる。

また、耐荷力試算例フローを作成し今後の検討資料とする。

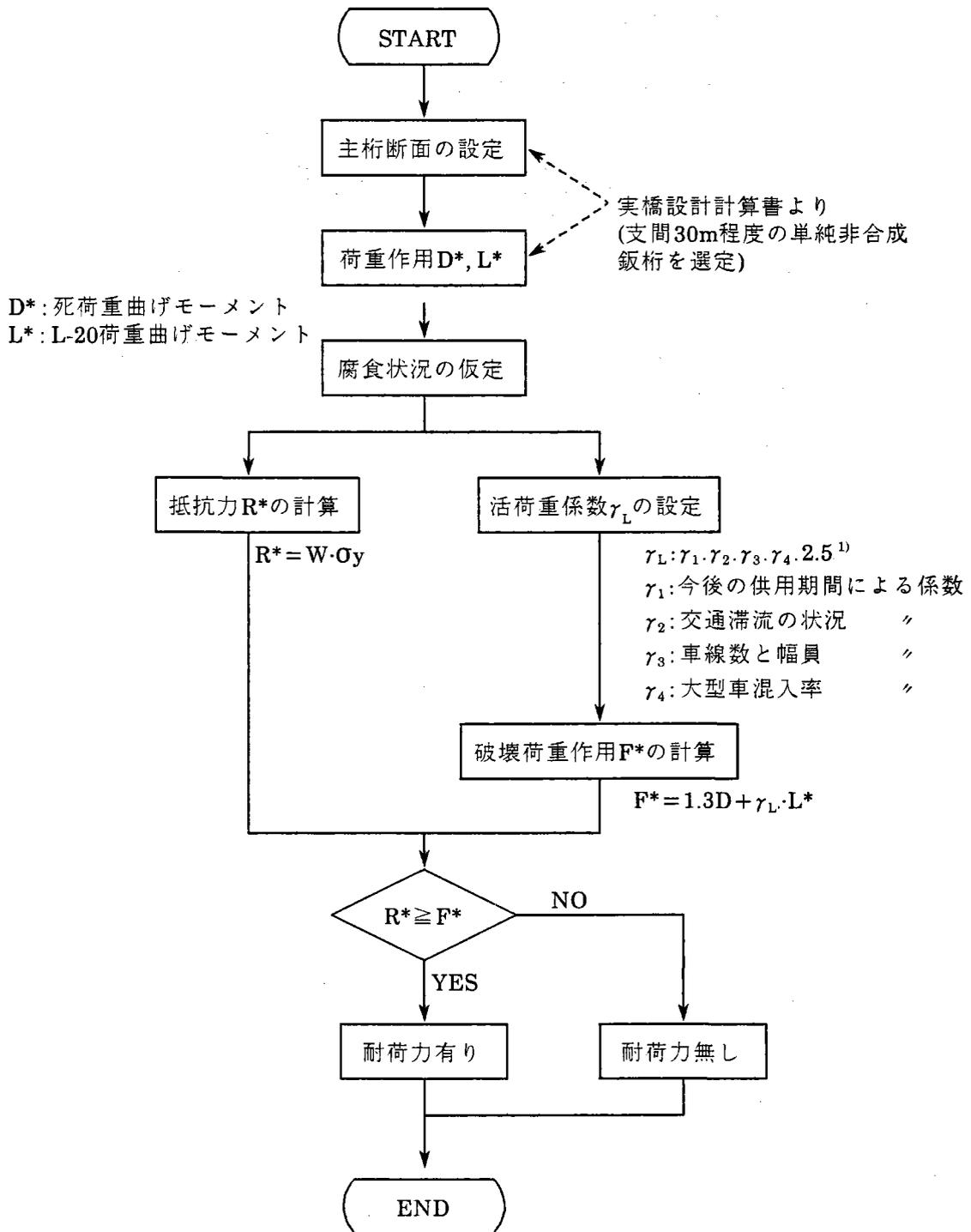
なお、検討成果の関連文献の番号は添付した資料目次の分類番号である。

2) 検討成果

ページ	内容	説明	問題点	関連文献
9~10	1-2. 鋼材試験結果	斜材(U0-L1)のレーシングバー(PL.76×13×564)で試験、化学成分・機械的性質・疲労強さを調査	<p>1. 実橋材の強度を評価する場合</p> <p>① 材料として 試験片に切欠きがないことの確認が必要。 これまでに受けた応力変動の影響..概して応力履歴を受けない部材が多い。 水素脆性、温度時効に関しては通常、影響なし。</p> <p>② 単一部材として 腐食の程度により相当ばらつく材料としてよりも強度は低下する。</p> <p>③ 組み立て材として 単一部材よりもさらに強度低下する。</p> <p>④ 試料採取位置の設定で機械的性質も異なる。 応力履歴の多い部材、少ない部材、板厚、鋼種。</p> <p>⑤ 疲労試験 疲労破壊までの推定残余年数の予測、応力集中の影響(リベット孔付近など)。修正マイナー則の検討。</p> <p>⑥ 張引試験 張引強度と降伏点強度との比による安全率の推定。 全体として、試験採取箇所数が少ないのでは?</p>	資1-3
11~12 13~14	1-3 実交通状態の応力測定 1-4 動的載荷試験測定	計測法、測定時間帯、測定位置、測定値計測法、測定位置、載荷方法	<p>① 他橋梁形式での測定結果の調査</p> <p>② 実交通状態と動的載荷試験の比較・考察、特に活荷重載荷状態による影響の大きい床組等では差異が大きい。</p> <p>③ 土木技術資料、土木学会関西支部で検討の荷重係数との比較および現場での荷重係数の推定。</p> <p>④ 前述の荷重係数を終局荷重係数とした場合の現状での交通量から推定した残余年数の推定。</p> <p>⑤ 10μ($\sigma=20\text{KG}/\text{CM}^2$)以下のひずみの信頼性は低いので実応力度が低い場合は信頼できる測定値の範囲を示す必要がある。</p> <p>⑥ 衝撃係数の設定で、大型車の走行の場合低速度で橋体が共振し大きな衝撃係数が実測されることがある。示方書規定の1/2程度の考慮は必要と考えられる。</p>	資1-1 資1-2

ページ	内 容	説 明	問題点	関連文献
15~19	2. 実測応力と理論応力との比較	応力係数 $KS = \text{実測応力} / \text{理論応力}$ の設定	<ul style="list-style-type: none"> ① 測定値が大きく誤差の影響が小さい実測値を取出して理論値と比較するのがよい。 ② 本橋でのKSを他形式に適用した場合。 ③ 本橋では 主構軸力$KS = 1/1 =$、 曲げ$KS = 1/1.8$、 床組$KS = 1/2$ 	
20~	2-2. 各部材の応力度 その他。	KS を考慮した計算応力度と許容応力度の比較 $aF_d + F_1$	<ul style="list-style-type: none"> ① 計算応力度を算出するに当りKS値の他、次の諸係数も考慮するのがよい。 K_r..路面の凹凸、舗装の破損の程度を考慮した係数 衝撃係数に関するもので動的載荷実験から推定。 K_t..交通滞留の程度、大型車混入率、車線数と幅員の関係等を考慮した係数。 K_o..将来の耐用年数、路線の重要度等を考慮した係数 ② 死荷重応力と活荷重応力とでは曲げとの軸力の比率が異なるため単純に合計すると値がことなるのでは？ ③ 健全度及び残余耐用年数の判断基準と検討項目。 ④ 他の欠陥箇所の健全度及び残余耐用年数の検討への取込方法。 	

(2) 耐荷力試算例フローと検討事項



1) 橋梁と基礎83-8
 「道路橋の供用および補修・補強に関して」
 佐伯彰一
 金井道夫

検討事項

① 破壊荷重作用 F^*

照査の基方式

$$\phi R^* \geq \gamma_g (\gamma_{D^*} \cdot D^* + \gamma_{L^*} \cdot L^*)$$

$$R^* \geq \frac{\gamma_g \cdot \gamma_{D^*}}{\phi} \cdot D^* + \frac{\gamma_g \cdot \gamma_{L^*}}{\phi} \cdot L^*$$

1)

$$= 1.3 D^* + \gamma_L \cdot L^*$$

1) 土木学会関西支部「既存橋梁の耐荷力と耐久性」

② 活荷重係数の設計

$$\gamma_L = \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3 \cdots \cdots 2.5$$

γ_i の種類とその値の設定

3-3. 鋼橋の損傷と補修事例集

(1) 補修事例集

目 次

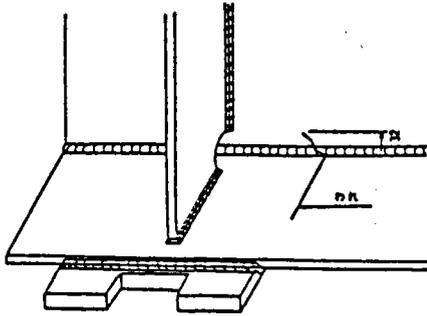
1. 主 桁
 - 1-1 フランジ、ウェブ
 - 1-2 ウェブ切欠き部
 - 1-3 対傾構取付部
 - 1-4 腐 食
 2. 床 組
 - 2-1 横桁、縦桁
 - 2-2 鋼床版
 - 2-3 ブランケット取付部
 3. 横 溝
 4. アーチ橋、吊橋
 5. 鋼製橋脚
 6. 付属構造物
 - 6-1 伸縮装置
 - 6-2 排水施設
- 資 料 -
- 1 足場関係
 - 2 補修溶接
 - 3 現場孔明け(含ストップホール)
 - 4 リベット、ボルトの取り替え

1 主桁

1-1 フランジ、ウェブ

1-1-1 支点付近のクラック

(1) 損傷状況



ソールプレートのすみ肉溶接部に発生したクラックが母材まで進展している事例がある。

図-1 支点付近のクラック

(2) 推定原因

- 1) 地震時水平力
- 2) 活荷重による疲労
- 3) ソールプレートによる急激な断面変化による応力集中
- 4) フランジ・ウェブの板厚不足
- 5) ソールプレートと下フランジとにすき間がある場合(図-2)
- 6) 錆等による可動支承の滑動、回転不良による水平力の繰返し作用

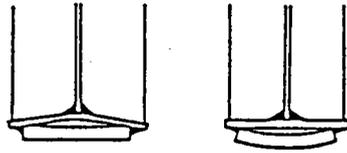


図-2 下フランジとソールプレートとの間のすき

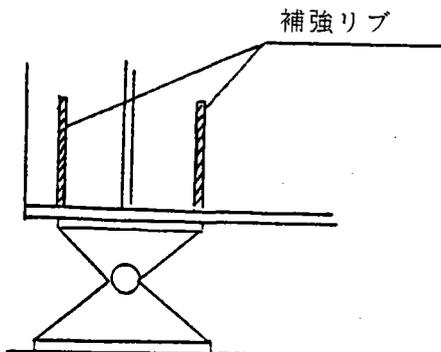
(3) 対策例

1) 補修時の対策例

- ① 亀裂部をアークエアガウジングではつりとり、補修溶接を行う。
- ② ソールプレートを取替える。この時応力集中を軽減させるためソールプレートを大きくしHTBで取付けるとよい。
- ③ 支承、沓座が破損している場合が多いので、支承部も必ず補修しておく。

2) 新設時の対策例

- ① ピン支承等、支承高が高いものは補強リブを設置する。



補修の場合は山形鋼をHTBで取付ける方法も考えられる。

図-3 支点上補強リブ

- ② 支点部の下フランジ厚を厚くし、ソールプレートは端部にテーパを設け断面の急変を避け応力集中を緩和させるとよい。

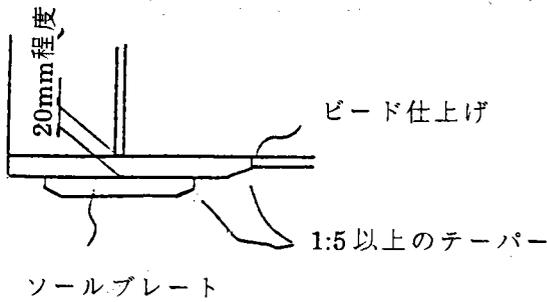


図-4 支点上下フランジの増厚

[参考文献]

- 1) 阪神公団技報 第4号
- 2) 維持管理を考慮した鋼構造物の計画と設計・施工 S.60.3 阪神公団

1-1-2 カバープレート溶接部のわれ

(1) 損傷状況

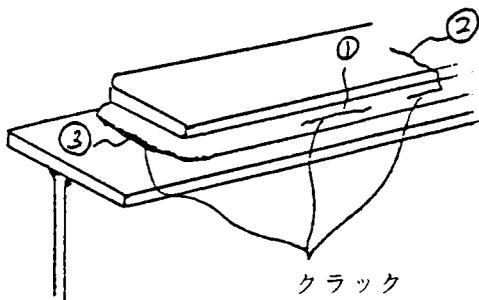


図-1の①～③の箇所のすみ肉溶接部からクラックが発生することがある。

図-1 カバープレートの損傷

(2) 推定原因

- 1) 活荷重による疲労
- 2) すみ肉溶接の不良
- 3) フランジとカバープレートの肌すき

(3) 対策例

- 1) フランジとカバープレートを締付け治具を用いて圧着させアークエアークラウジングで亀裂部をはつり、補修溶接をする。
- 2) HTBでフランジとカバープレートを締付ける。
- 3) 添接板でクラック部を連結する。

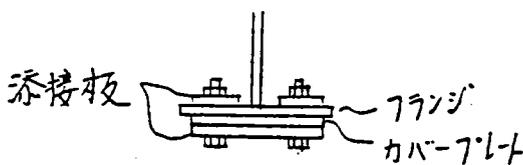


図-2 添接板による補強

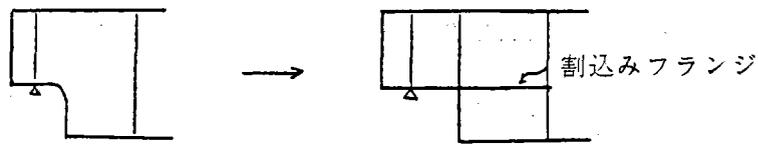


図-3 割込みフランジによる補強

注) 最近は設計基準等の改訂で曲りフランジ構造のものは施工されていない。

[参考文献]

- 1) 首都公団技報 1981
- 2) 阪神公団技報 第3号
- 3) 維持管理を考慮した鋼構造物の計画と設計・施工 S.60.3 阪神公団

1-3 対傾構取付部

(1) 損傷状況

図-1に示すタイプのクラックが発見された例がある。

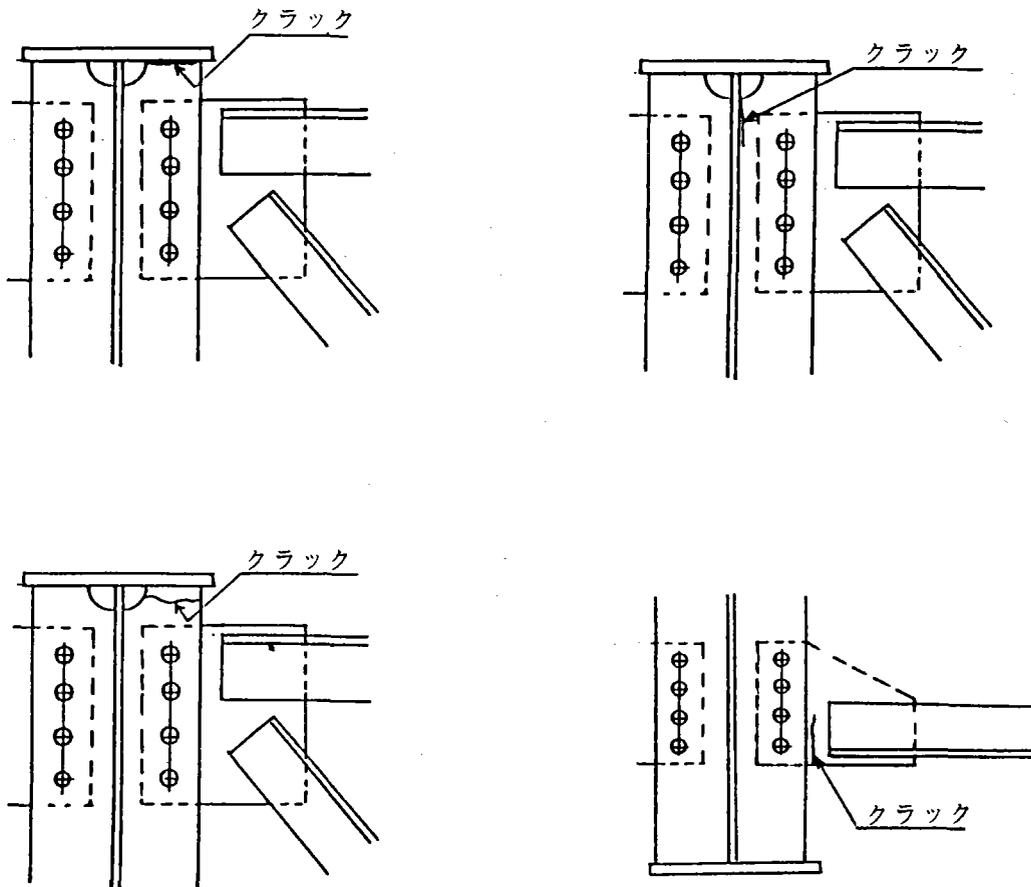


図-1 対傾構取付部のクラック

(2) 推定原因

有限要素法による応力状態の把握、コンクリート床版と桁の変形挙動の検討及び応力度の実測結果等により以下の項目またはその組合せが原因として考えられている。

- 1) 床版と分配横桁及び対傾構との回転角差にともなう首振りによる高い応力度の作用
- 2) 対傾構と主桁の取付部が構造上曲げモーメントに対して弱い事
- 3) 活荷重による過大な力の繰り返し作用
- 4) スカーラップによる応力集中及び溶接部の不良

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

- ① 床版補強工事によって縦桁及び横桁を増設し、床版の剛性を増大させて首振りの影響を減少させた例がある。
- ② 対傾構の上弦材と主桁の上フランジを連続させて作用する曲げモーメントに抵抗させた例がある。

2) 新設時の対策例

現在の道路橋示方書(昭和55年2月版)設計された橋梁ではコンクリート床版の剛性が大きいいため問題がないと言われている。実績としては、上記②で設計された例がある。

1-4 腐食

(1) 損傷状況

鋼橋の腐食による損傷は、周辺の環境によっても異なるが、桁端部に数多く見られる。上路橋においては、コンクリート床版等により径間部の部材に雨水が直接かかることが少なく、また、下路橋の場合においても、路面排水が径間部の部材にかかることはない。

しかし、桁端部において伸縮継手が雨水の侵入を防ぐ構造となっていない場合は、雨水と一っしょに土砂が流下して支承まわりに堆積し主桁や支承を腐食させることも多い。また、桁端部は風通しも悪いいため海浜部の橋梁では、海塩粒子も付着しやすく、特に腐食しやすい。桁端部において、腐食による損傷が顕著に見られる部分は以下のとおりである。

- 1) 床版端部付近の上フランジ部分
- 2) 下フランジとウェブの溶接部分
- 3) 下フランジの上面、特に主桁の内側部分
- 4) 支承周辺部分

これらの部分は、橋体を支持している重要な部分であるため、これらの損傷は橋梁にとって重大な欠陥となる。



写真-1 桁端部の腐食

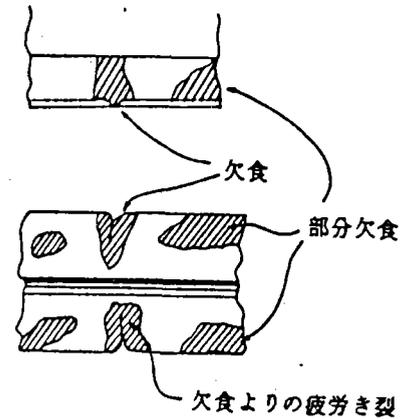


図-1 欠食状況

(2) 推定原因

桁端部や支承が腐食する原因は、次のようにまとめられる。

1) 土砂等の堆積

桁遊間部から雨水等の路面排水とともに土砂が流下し、下部工天端に堆積する。この土砂が長期間保持するため、鋼材の腐食がすすむ。

2) 湿潤な環境

桁端部、特に橋台側桁端部においては、通風性が悪く、雨水等でぬれた後乾燥しにくく湿潤状態が続く。この湿潤な環境は、鋼材の腐食を助長させる。

3) 桁下から下部工天端までのクリアランス不足

桁下から下部工天端までのクリアランスが少ないため、わずかの土砂、ほこり、ごみ等によっても、支承やフランジが腐食しやすい環境となる。また、クリアランス不足等に代表されるように桁端部においては、作業スペースも狭く作業性が悪く、十分な塗装ができず、腐食しやすい状況にある。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

既設橋の腐食に対する対策は、その腐食による損傷の度合いにより変わる。即ち、腐食・欠食が部分的なものか、広範囲なものか、また、腐食による板厚減少がどの程度かにより、対策の緊急度、補修・補強方法が異なる。腐食部の補修・補強方法として、以下のような方法が考えられる。

① 塗装による補修

② カバープレートによる補修・補強

③ 部材取替えによる補修・補強

フランジの補修 → カバープレート

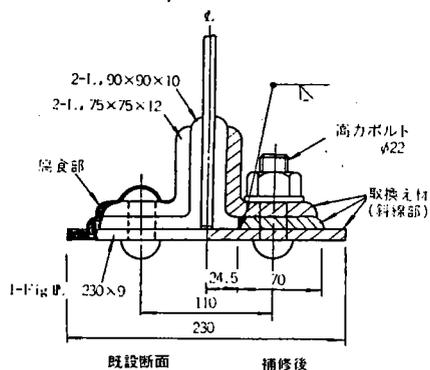


図-2 フランジの補修(その1)

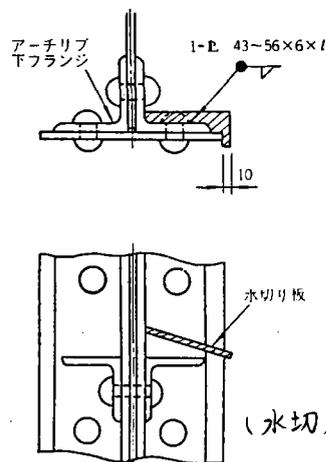


図-3 フランジの補修(その2)

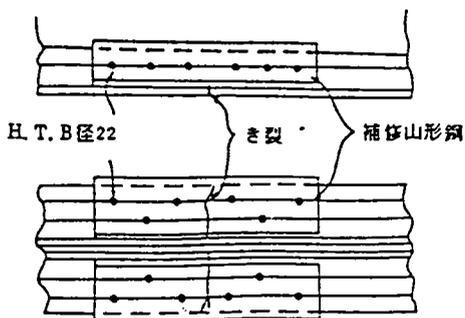


図4 フランジの補修(その3)

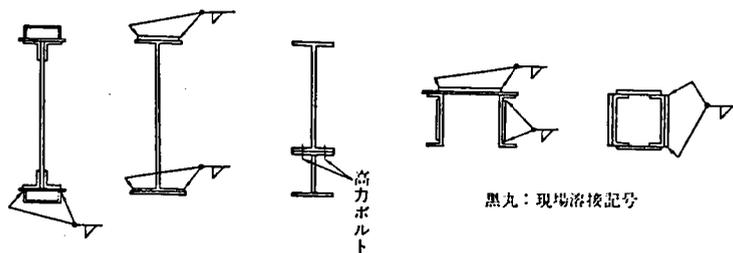


図-5 フランジの補修(その4)

(ウェブの補修) → カバープレート

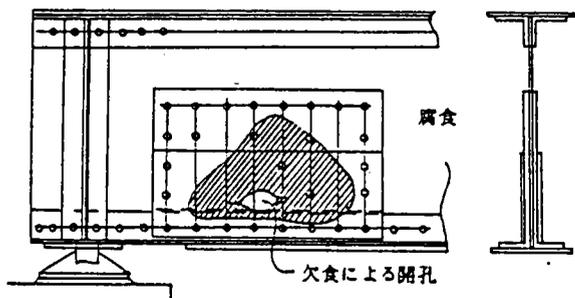


図-6 腹板の補修例(その1)

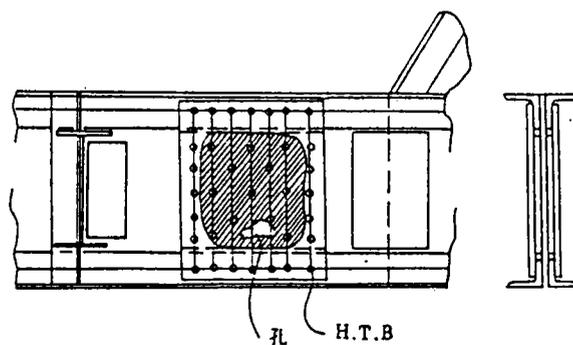


図-7 腹板の補修例(その2)

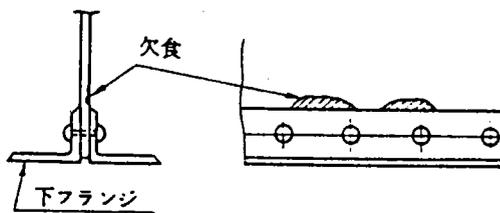
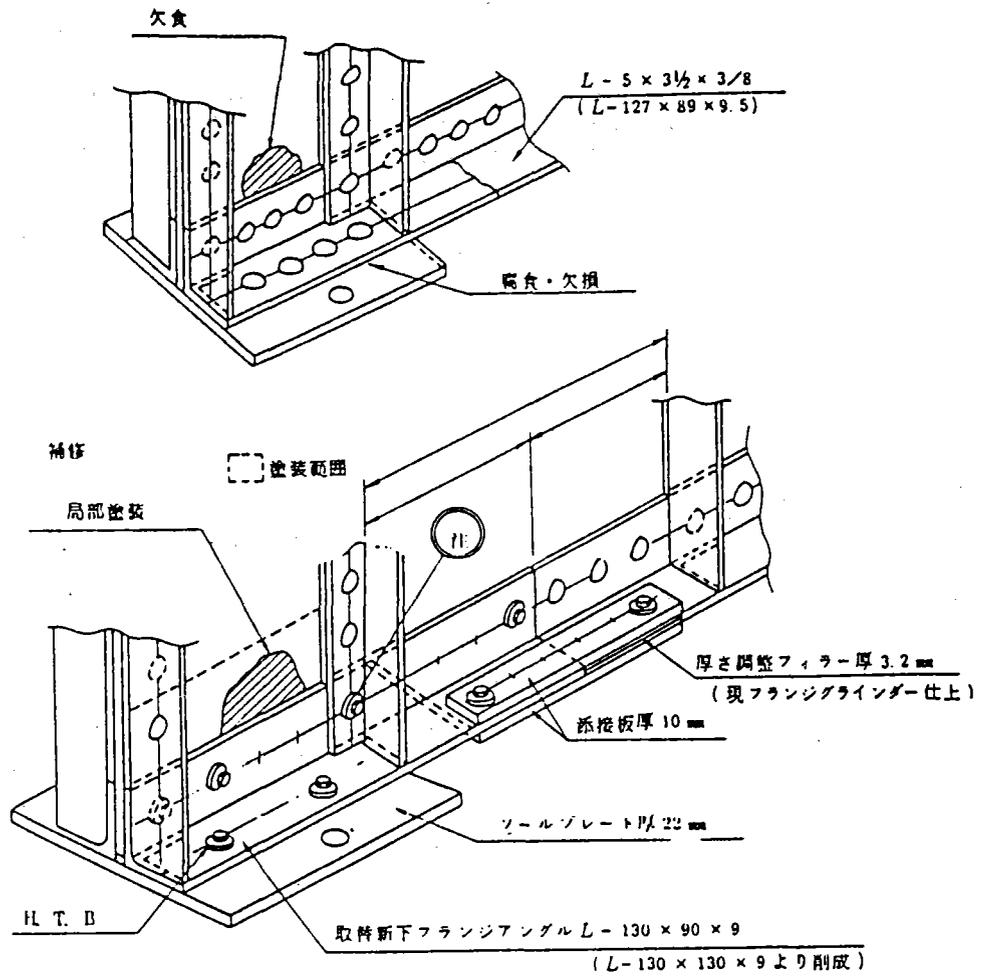


図-8 腹板の欠食

(桁端部の補修)



○補修材料の材質はSS41とする。
○H.T.BはF10Tとする。

図-9 下フランジアングルとソールプレートの取替え

(部材取替えによる補修) 仮受け工法(ベント工法)

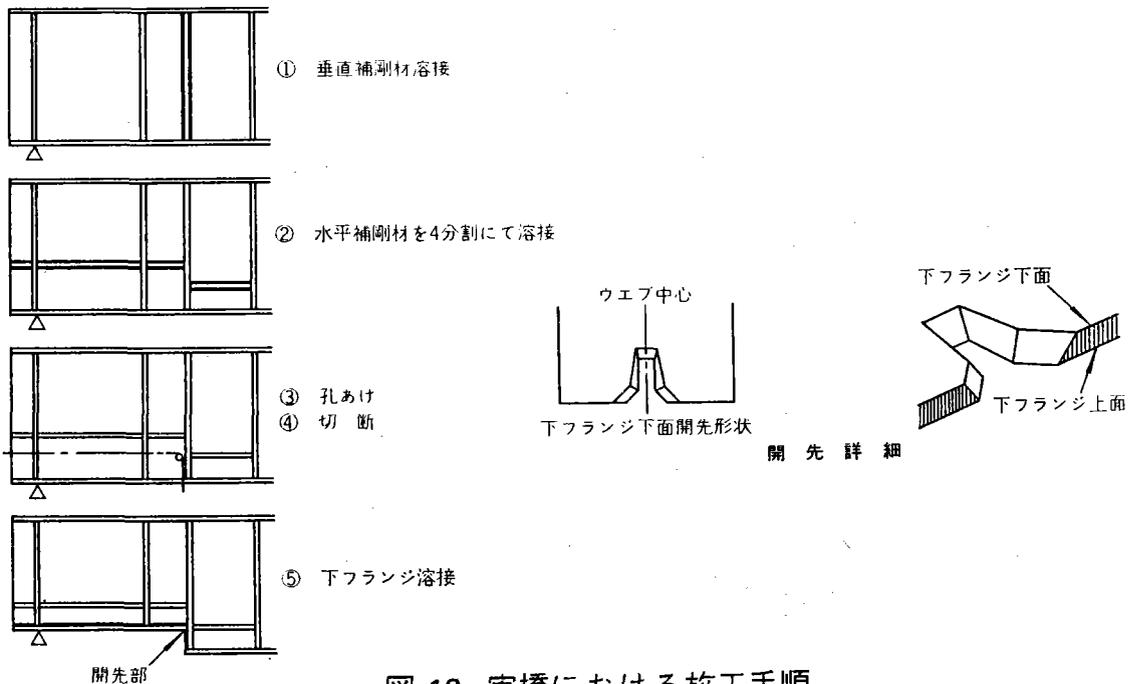


図-10 実橋における施工手順

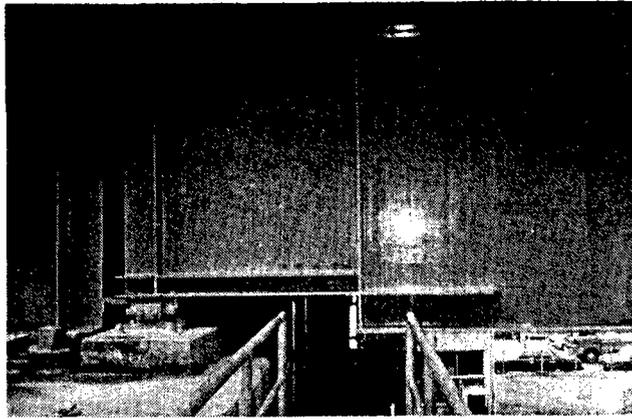


写真-2 改造後の実橋

(部材取替えによる補修)パイパス工法

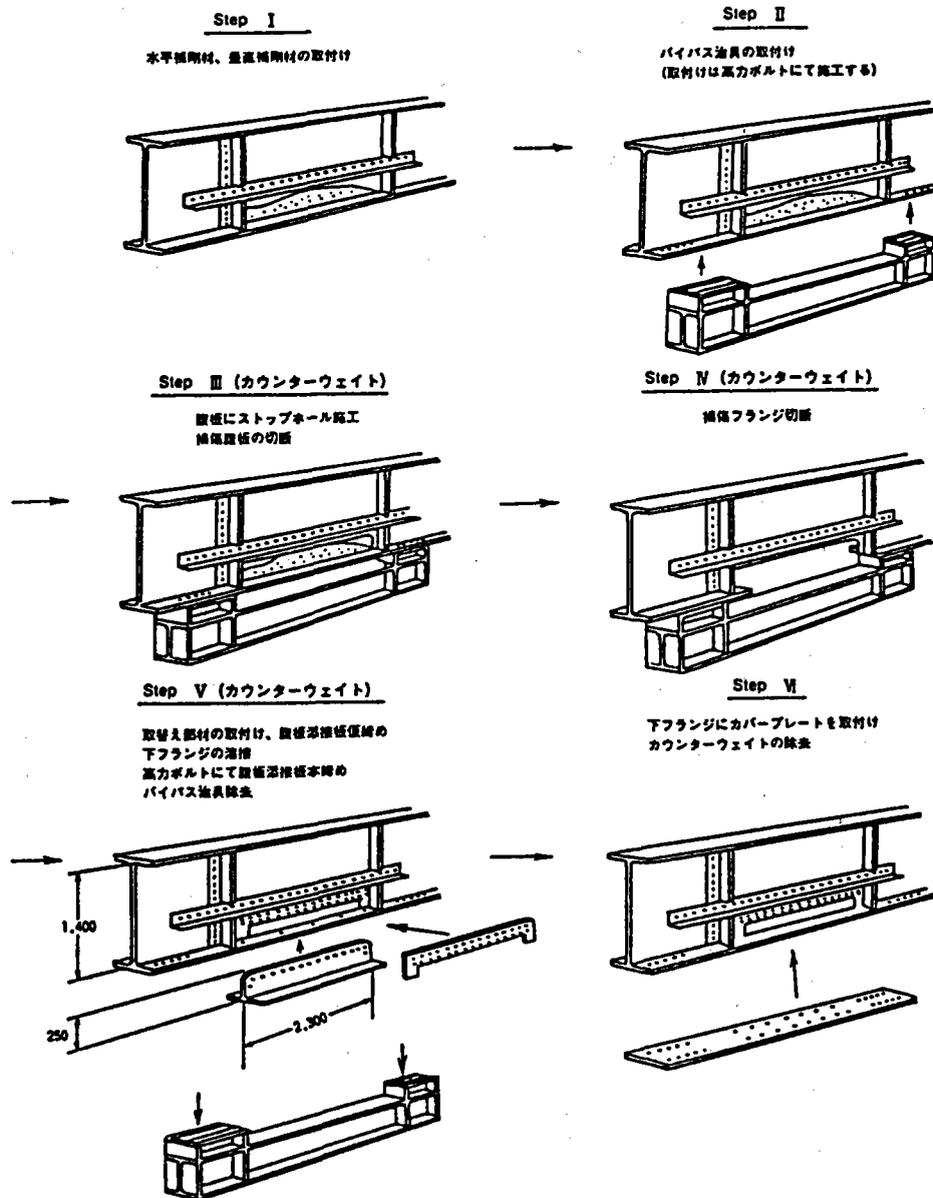


図-11 施工手順

2) 新設時の対策例

新しく橋梁を計画する場合には、腐食による損傷の原因を十分に認識し、腐食に対する対策案の中からその橋梁に適用しやすいものを選択し、その採用を考慮する。新橋設計時における桁端部の腐食防止に対する対策方法として以下のような方法が考えられる。

- ① 伸縮継手や地覆部からの雨水および土砂の流下防止
- ② 桁端部の構造の改善
- ③ 桁端部および支承部の排水性、ならびに、通風性の確保
- ④ 塗装仕様および塗装方法の改善

また、文献2)で提案している対策例を以下に示す。

- ① 伸縮装置や桁端部からの漏水防止
 - ・伸縮装置を非排水型にする。
 - ・水密性のあるゴムジョイントを使用する。
 - ・床版の防水処理を行う。
 - ・排水型の場合はパイプを大きくして、清掃できる構造にする。
- ② 桁端部の構造変更
 - ・端補剛材下部にスカーラップをとる。
(断面欠損を支圧で照査する) 図-①
 - ・下フランジに水切りプレートをつける。 図-②
 - ・桁端部に密閉コンクリートをつめる。 図-③
 - ・下フランジに逆ひずみをつけ水切りを行う。 図-④
 - ・桁端部の糸面取りを大きくする。
 - ・端横桁等をSRC構造とする。 図-⑤
 - ・材料にステンレスクラッド鋼を使用する。

- ③ 塗装の検討
(仕様の変更)
 - ・下塗り回数を1~2回増す。
 - ・タールエポキシ又は変性エポキシ塗装にする。 図-⑥
 - ・ガラスフレークもしくはそれに準ずる重塗装にする。

(作業上の注意、作業性の向上)

 - ・フランジ下面はトンボして、下向き塗装とする。
 - ・作業条件をよくするように桁端寸法を決める。
 - ・端横桁にマンホールを設ける。
 - ・端部塗装をしやすくするための端対傾構形状の工夫。 図-⑦
 - ・桁高が低い場合は端横桁をニーブレースタイプ横桁、その他の場合は対傾構とする。
 - ・ペンキの塗りにくい構造にならないようにする。
 - ・桁端部の腹板に切り欠きを設けて作業性をよくする。 図-⑧
 - ・端対傾構とパラペット前面間のスペースを広くとる。 図-⑨

- ④ 排水性、通風性の確保
 - ・沓座面に排水勾配を付ける。 図-⑩
 - ・沓まわりの土砂堆積防止。 図-⑪
 - ・沓座を高くする。 図-⑫
 - ・端部床版をグレーチングにして、通風性をよくする。
 - ・土砂を沓座面に落下させないようにする。

⑤ 保守点検性能の向上
 ・検査路用受け梁を設ける。

図-13

図-①

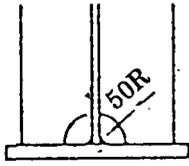


図-②

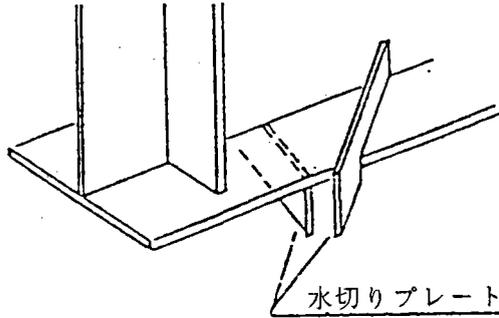


図-③

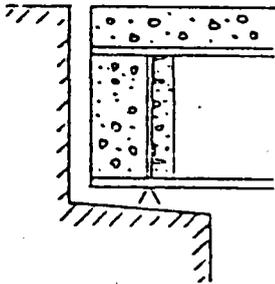


図-④

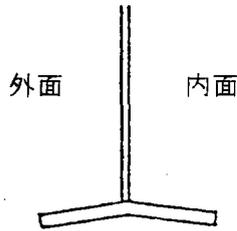


図-⑤

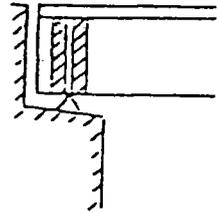
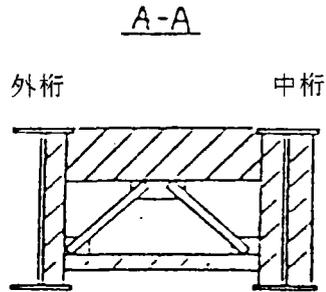
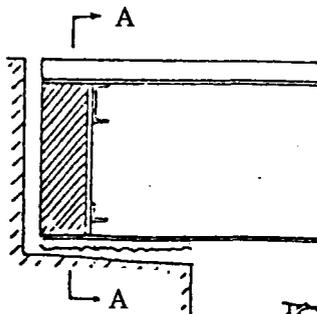


図-⑥



桁端側及び下フランジ下面

図-⑦

横桁の場合

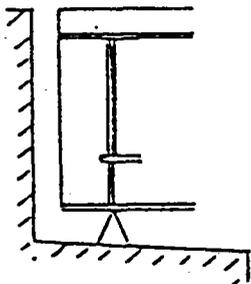
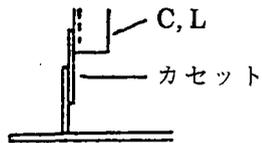


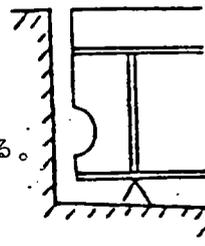
図-⑧

対傾構の場合



主桁端部に必ず切り吹きを設ける。

弦材、斜材を支間中央側に取付ける。



片側の取付位置に注意

図 - ⑨

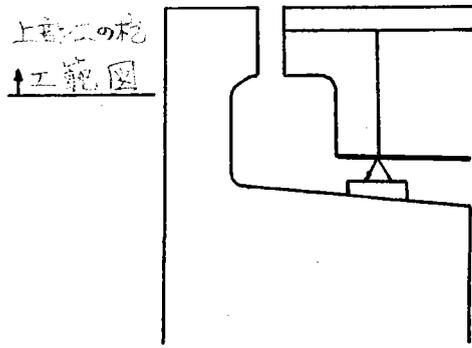


図 - ⑩

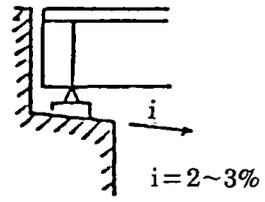


図 - ⑪

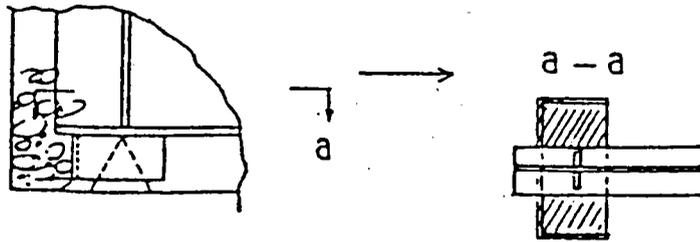


図 - ⑫

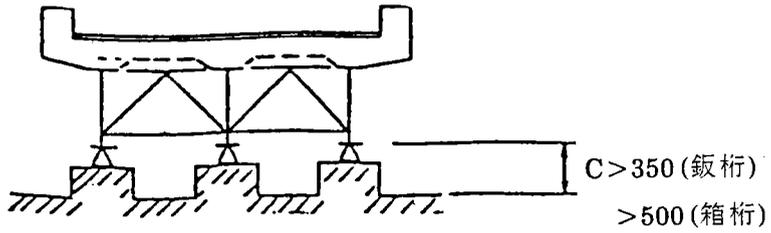
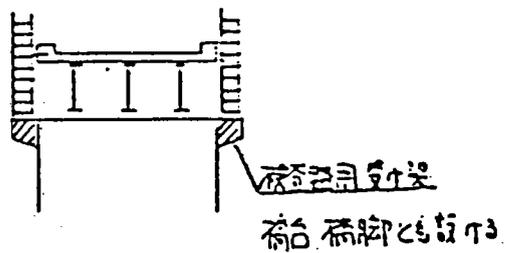


図 - ⑬



[参考文献]

- 1) 鉄道総合技術研究所 ; 鋼構造物補修・補強・改造の手引
(昭和62年7月)
- 2) 日本橋梁建設協会 ; 鋼橋の維持管理を考えた設計の手引
(昭和62年6月)
- 3) 松川他 ; 本町橋の補修・補強工事、橋梁と基礎、
Vol. 17、1983. 8、P46~P51
- 4) 堀川他 ; 荷重作用下にあるプレートガーダーの改造
に関する実験、橋梁と基礎、Vol. 20、
1986. 4、P7~P12
- 5) 阪神高速道路公団 ; 阪神高速道路における土木構造物
補修事例集Ⅱ(昭和62年3月)

2.床組

2-1 横桁・縦桁

2-1-1 鋼鉄道橋の下路プレートガーダーの横桁切欠き部の疲労損傷

(1) 損傷状況

この変状は下路プレートガーダー横桁切欠き部のコーナーから発生しているもので、切欠きコーナー部もしくは溶接ビード止端から発生し主応力の方向に亀裂が成長したものである。(図-1、図-2)

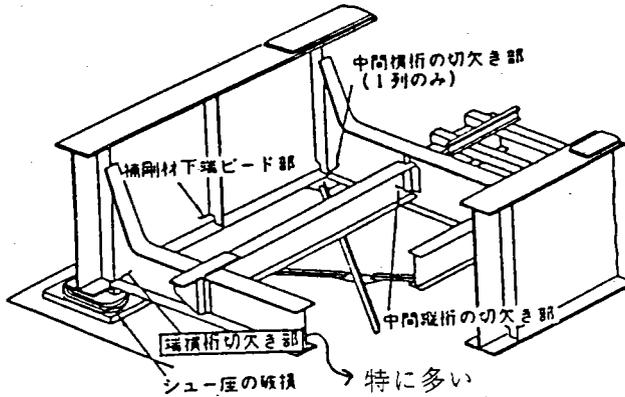


図-1 下路プレートガーダーに発生した疲労亀裂

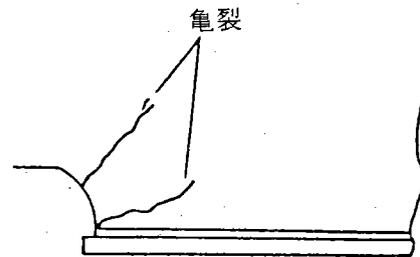


図-2 切欠き部コーナー及び溶接ビード止端部に発生した亀裂の状況

(2) 推定原因

- 1) 下フランジが桁端まで延びていないため、曲げモーメントやせん断力により応力集中が起こる。(図-3)
- 2) 杓座が破損しているため、横桁が不等沈下している。
- 3) 切欠き部切断加工面に凹凸が多く、滑らかに仕上げられていない。(図-4)
- 4) 切欠き部に接する溶接部にアンダーカットがある。(図-4)

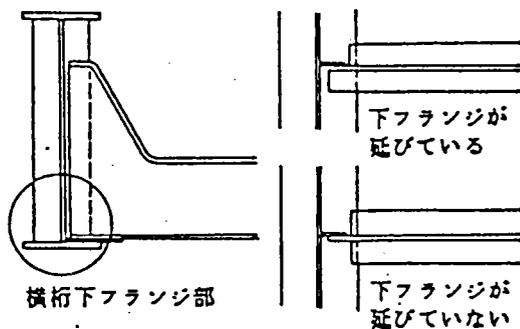


図-3 下フランジの形状

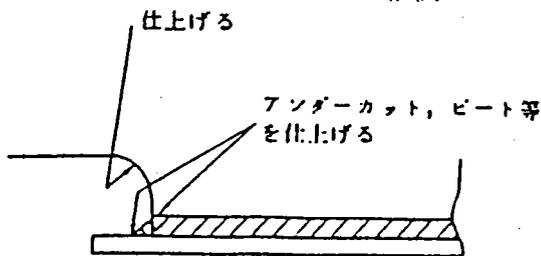


図-5 切欠き部の仕上がり不具合のもの

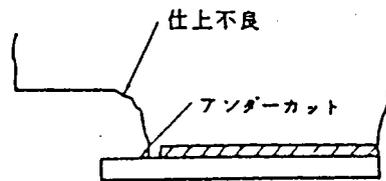


図-4 切欠き部の特徴

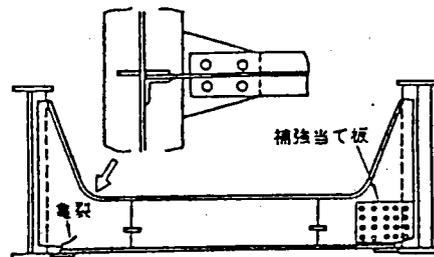


図-6 横桁の亀裂と補強

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

① ストップホール

亀裂の進行の速い場合に応急対策として用いられるが、一時的に亀裂の進行を遅らせるにすぎないと考えられる。

② 溶接による補修

亀裂部分をアークエアガウジング等で研り取り、予熱した後溶接する。また、切欠部の切断加工で仕上りの悪いもの、アンダーカット等の溶接欠陥が残っているものは、グラインダー等で仕上げる。

(図-5)

③ 溶接および当板による補修

亀裂部分にアークエアガウジング等を亀裂の先端20~30mm程度先まで行い、予熱後溶接、さらに余盛部分をグラインダーで仕上げ当板で補強する方法がある。当板は腹板と同強度、同程度の厚さで亀裂部分を十分に覆うことのできる大きさとするのがよい。(図-6)

④ 沓座の補修

沓座の破損による支点沈下については、沓座下面をはっきり、所定の高さとなるように破損した沓座を補修する。

2) 新設時の対策例

沓座の多少の異常に対しても横桁に影響を及ぼさないように切欠き部をなくしたものである。このディテールは端横桁では必ず用いられている。(図-7)

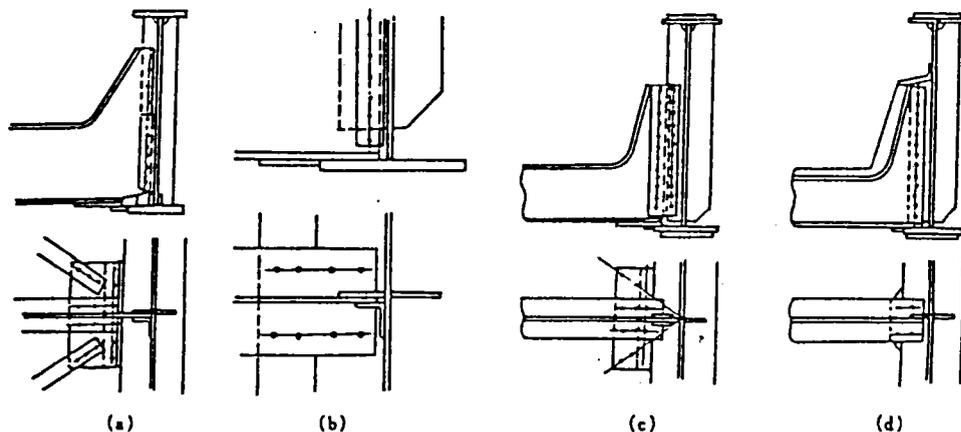


図-7 横桁と主桁と下フランジの連結形式

[参考文献]

- 1) 阿部、谷口、阿部 : 鋼鉄道橋における疲労問題と補修・補強、橋梁と基礎、Vol 17、NO8、P24~29、1983.
- 2) (財)鉄道総合技術研究所 : 鋼構造物補修・補強・改造の手引、P54~59、1987

2-1-2 鋼鉄道橋の下路プレートガーダー、下路トラスの縦桁切欠き部の疲労損傷

(1) 損傷状況

この亀裂は下路プレートガーダーの縦桁、トラスの縦桁に発生する亀裂で、切欠き部のコーナーおよび溶接ビード止端より主応力方向に進行するもので、数年間は徐々に進むが段々速くなり、ついに破断にいたる場合もある。(図-1、図-2)

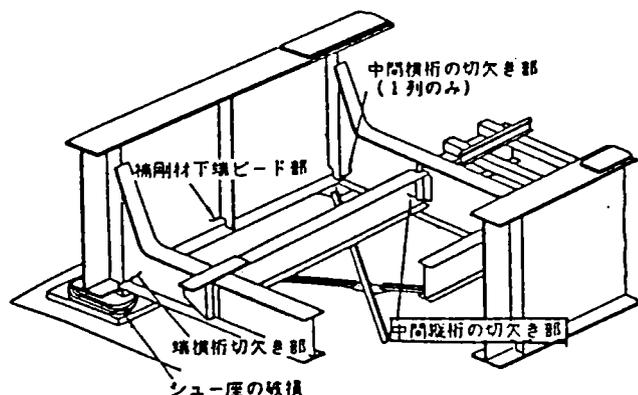


図-1 下路プレートガーダーに発生した疲労亀裂

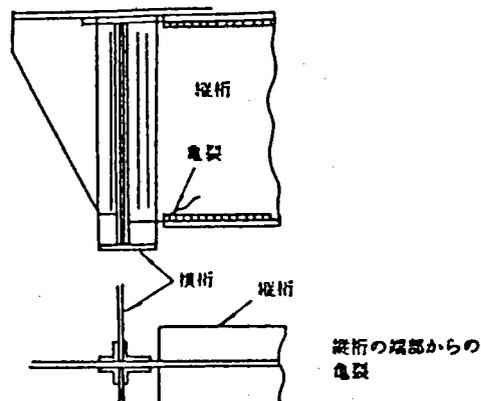


図-2 縦桁の亀裂

(2) 推定原因

1) 下フランジが横桁に凍結されていない。(図-3)

縦桁は列車荷重を直接受ける部材で、車両の横揺れや衝撃の影響を大きく受け、これによって縦桁の下フランジが横桁に連結されていないものでは面外に横揺れを起こし、切欠き部の応力集中箇所から亀裂が発生したものと考えられる。

2) 切欠き部の切断加工面に凹凸が多く滑らかに仕上げられていない。

3) 切欠き部の接する溶接部にアンダーカットがある。

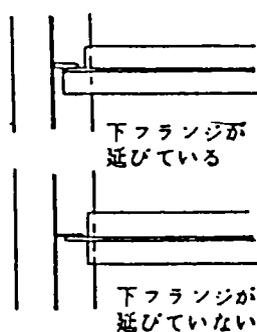


図-3 フランジの構造

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

① ストップホール

亀裂の進行が速い場合に応急対策として用いられている。

② 溶接による仕上げ

切欠き部の切断加工で仕上がりの悪いもの、アンダーカット等著

しい溶接欠陥が残っているものはグラインダー等で仕上げるのがよい。(図-4)

③ 溶接及び補強当板による補修

亀裂部は溶接補修するとともに、図-5に示すような補強当板による方法に加えて下フランジの横揺れ防止工による方法が用いられている。

なお、この場合の当板は縦桁と同程度の強度、厚みで亀裂部を十分覆うことのできる大きさとするのがよい。

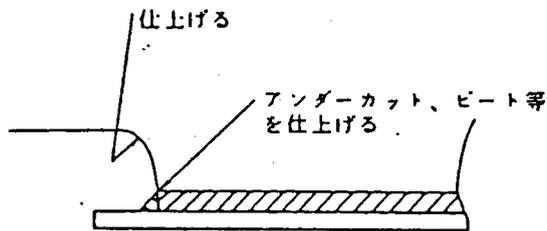


図-4 切欠き部の仕上げ

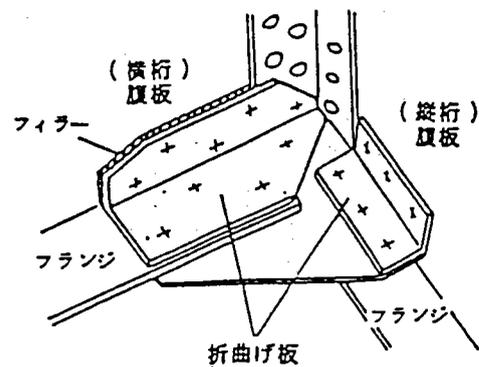


図-5 縦桁の補修・補強

2) 新設時の対策例

縦桁の下フランジと横桁の下フランジを連結させる。(図-6)

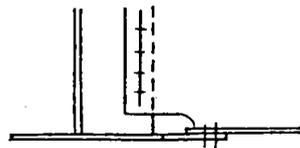


図-6 縦桁と横桁の下フランジの連結

[参考文献]

- 1) 阿部、谷口、阿部 : 鋼鉄道橋における疲労問題と補修・補強、橋梁と基礎、Vol 17、NO8、P24~29、1983
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所 : 鋼構造物補修・補強・改造の手引、P60~63、1987

2-1-3 道路橋下路トラス縦桁の疲労損傷

(1) 損傷状況

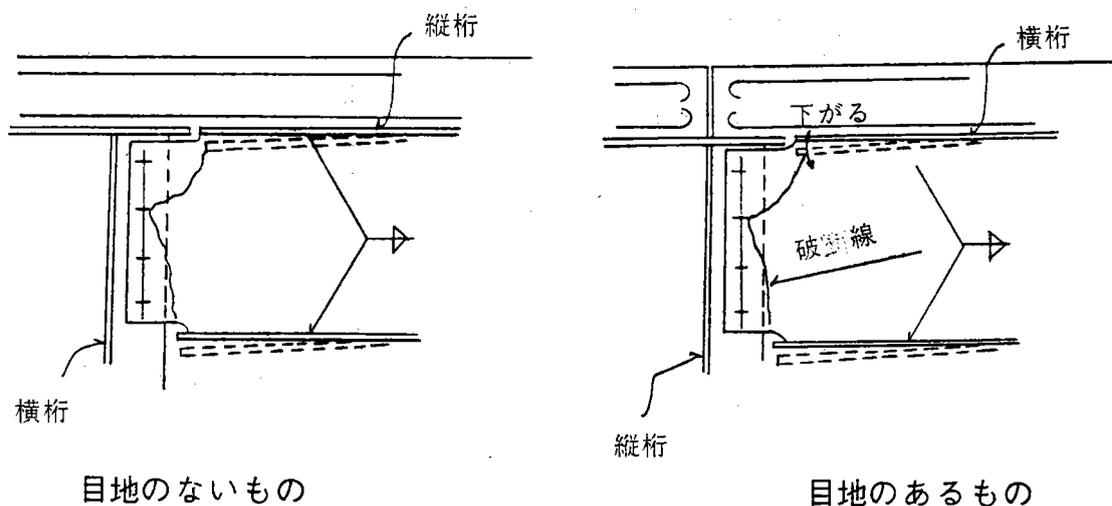


図-1 損傷状況

縦桁のフランジ連続させていない構造の場合、縦桁取付部にクラックが発生した例がある。特に、床版コンクリートに施工目地がある横桁部に多く発生しているようである。

クラックはフランジ端部のウェブとの溶接部より発生し進行した後、破断に至る。

(2) 推定原因

縦桁をすべて単純桁として設計した橋でこの損傷が発生しやすい。また、古い橋梁においてコンクリートの施工能力から10~20mm程度の間隔で施工目地が設けられたものがある。このような構造の場合、負の曲げモーメントを縦桁のウェブが負担することになるため、過大な応力が生じ、クラックが発生するものと考えられる。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

① ストップホール

応急対策として、クラックの進行をとめるためにその先端に孔をあける場合がある。

② 当板による補強

クラック部分の継手と主桁との連絡を兼ねて添接板を当てボルト締めを行う方法がある。(図-2)

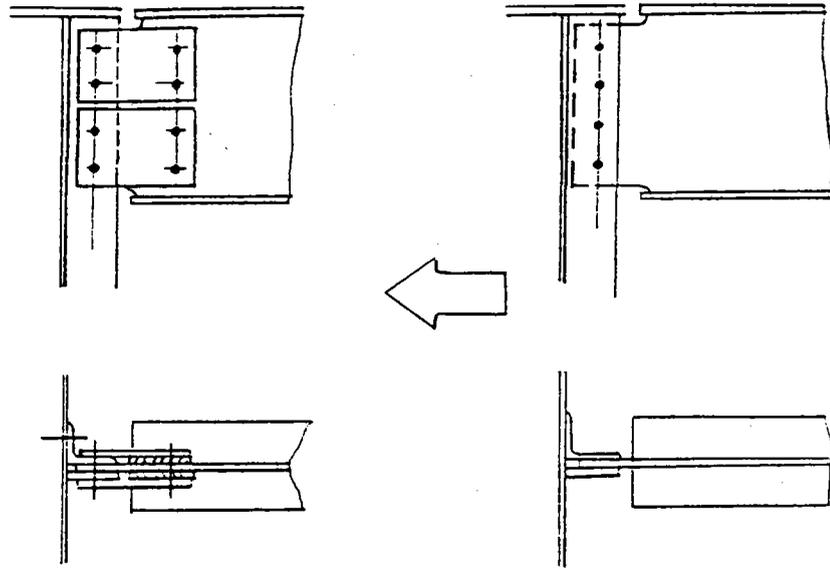


図-2 当板による補強の例

2) 新設時の対策例

縦桁と横桁のフランジを連続させる構造にする。(図-3)

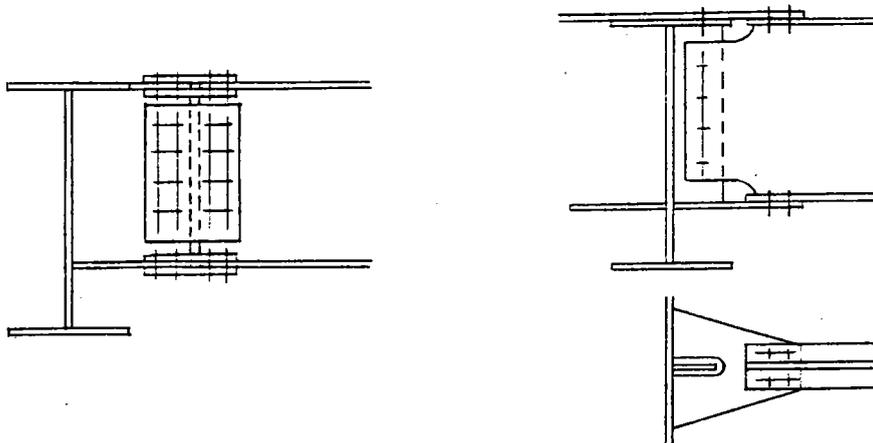


図-3 縦桁と横桁のフランジの連結の例

2-2 鋼床版

2-2-1 鋼床版横リブのUリブ切欠き部の応力集中

(1) 予想される損傷

閉リブを用いた鋼床版では、横リブに大きな切欠きを設ける必要があるため、周辺に予想以上の大きな応力が発生する。しかし、現状の設計では、簡易計算による照査法等の考え方が定まっておらず、この問題に必ずしも対処しきれていない。

数値解析による横リブ腹板の応力性状を以下に示す。

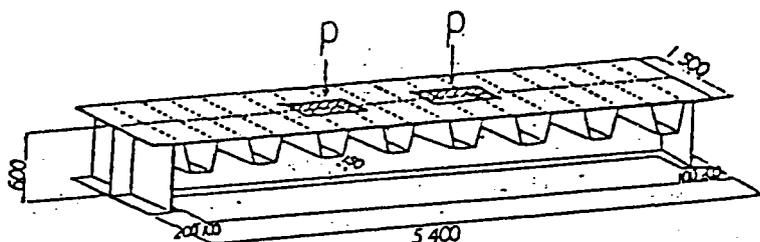


図-1 解析モデル



図-2 切欠き性状

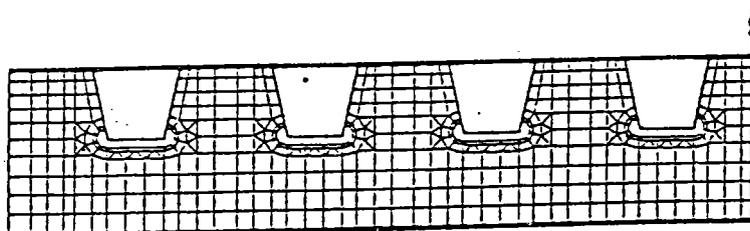


図-3 要素分割形状(横リブ腹板の支間中央に対して左半分のみ)

大きな欠損状態にある腹板の力の伝達は、図-4.5の結果よりワーレントラスのように引張と圧縮が交互に繰り返されている。

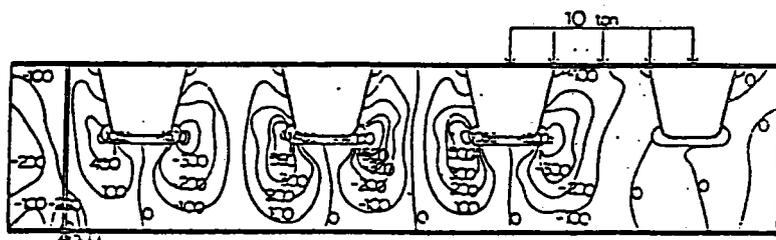


図-4 応力度等高線図

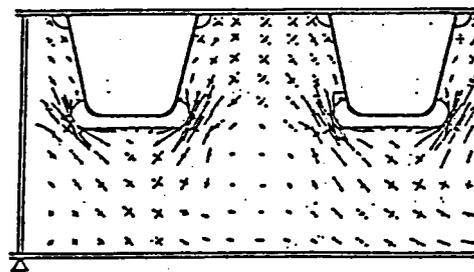


図-5 主応力分布図

(2) 対策例(新設時)

対策として次のようなものが考えられる。

- 1) 断面欠損に対して、腹板増厚する。
- 2) 応力集中を緩和させる切欠き形状を選定する。(図-6)

前頁の数値解析により、次の2例において主応力の低減(約30%)が実証されている。

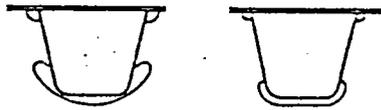


図-6 切欠き形状の例

- Aタイプ : 最も一般的な形状
 Bタイプ : 切欠き部の応力集中緩和を目的として西ドイツで考察された形状
 Cタイプ : 本四公団の鋼床版設計要領の(案)中に想定されている形状

なお、切欠き形状を改善しても、応力集中は設計支配応力(フランジの応力)の2倍以上あり、疲労欠陥の問題は完全解決されるわけではないと思われる。

主応力の最高値の比較

		(kg/cm ²)
A TYPE	P.1	2045(100%)
	P.2	-1968(100%)
B TYPE	P.1	1440(70%)
	P.2	-1389(71%)
C TYPE	P.1	1480(72%)
	P.2	-1442(73%)

[参考文献]

- 1) 檜垣、北原、和田、渡辺 : 鋼床版横リブのUリブ切欠き形状と腹板の応力性状、第42回年次学術講演会、I-200、P434~435、1987
- 2) 有沢、渡辺、佐藤、北原、和田 : 鋼床版横リブの塑性耐荷力について、第42回年次学術講演会、I-58、P150~151、1987

2-2-2 鋼床版閉断面縦リブ現場溶接部のわれ

(1) 実験による損傷状況

- 1) 疲労亀裂はトラフリブの隅角部より発生し、外側へ広がり貫通亀裂となり、左右に広がってゆく。(図-1)

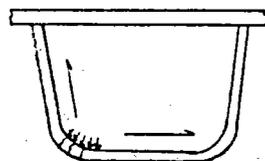


図-1 隅角部の亀裂

- 2) 目違いを有する裏当材のルート部から亀裂が発生する。
- 3) 溶接ビードの表側の止端から亀裂が発生する。
- 4) 縦リブ底面フランジ突合せ溶接継手のルート部から亀裂が発生する。

(2) 推定原因

- 1) トラフリブの隅角部の疲労亀裂は、せん断変形によるシェアラグが働き、リブ下面よりも大きな応力分布が生じたことによると考えられる。
- 2) 目違いを有するものは、ルート部の形状が様々になり、その形状の違いが亀裂発生的重要因素になることがある。
- 3) 溶接ビードの表側の止端から亀裂はアンダーカットによるものと考えられる。
- 4) 低面の溶接は、上向き溶接となるため、この場合ルート間隔が小さいと十分な溶接とけこみができず、不溶着部が存在したことにより亀裂が発生するものと考えられる。

(3) 対策例(新設時)

対策として、次のようなものが考えられる。

- 1) 十分な疲労強度を有する溶接継手となるようなルート間隔を設ける。
(ルート間隔を8mm程度とるのがよい)
- 2) 溶接部の目違いは、できるだけ小さくなるように施工することが必要である。
- 3) 縦リブの曲げ加工半径を大きめにとる。(疲労強度が若干高くなるため)

[参考文献]

- 1) 堀川、李、石崎 : 閉断面縦リブを有する鋼床版現場溶接部の疲労強度に関する研究、第37回年次学術講演会、I-73、P145~146、1982
- 2) 堀川、李、石崎 : 閉断面縦リブを有する鋼床版現場溶接部の疲労強度に関する研究(第2報)、第38回年次学術講演会、I-152、P303~304、1983
- 3) 近藤、山田、菊地、江口 : 鋼床版閉断面縦リブ現場突合せ溶接継手の曲げ疲労強度、第37回年次学術講演会、I-93、P185~186、1982

2-3 ブラケット取付部

(1) 損傷状況

標識柱に取合うブラケットの箱桁の腹板にクラックが発生した例がある。

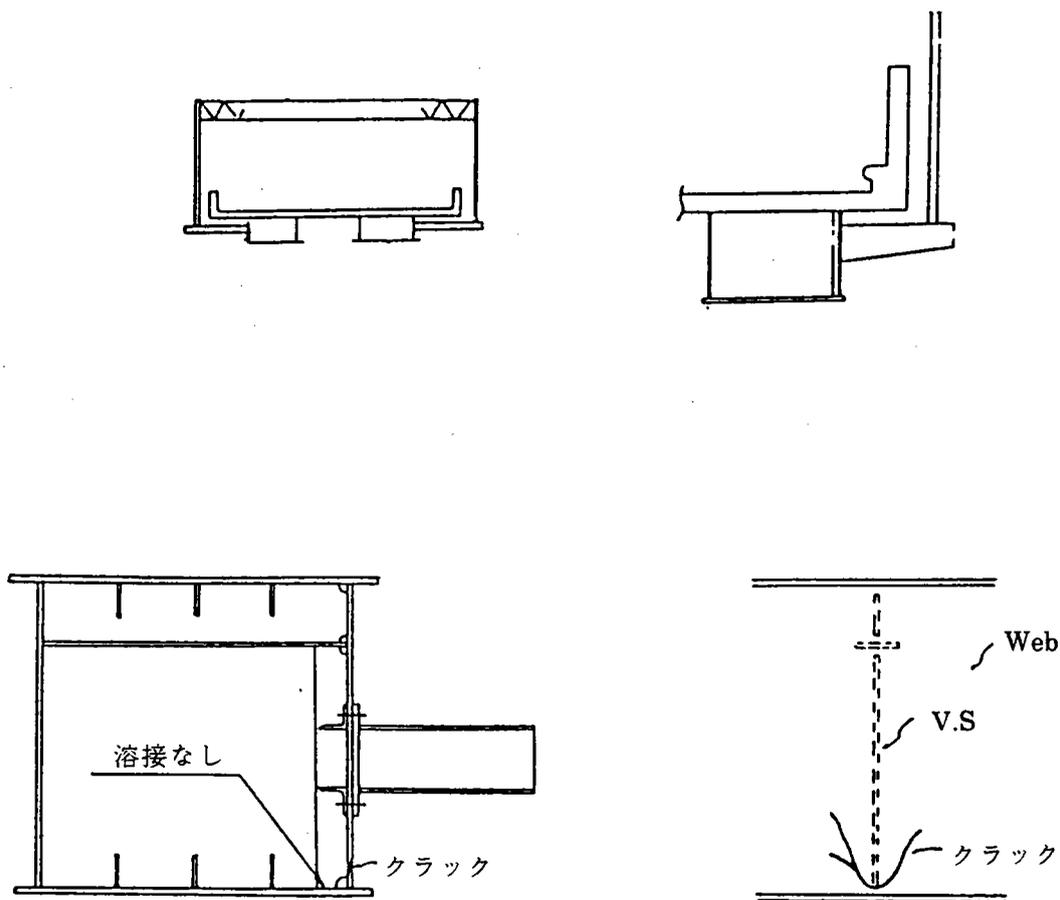


図-1 ブラケット取付部の損傷

(2) 推定原因

取合部が標識柱の荷重による曲げモーメントに抵抗する構造になっていないため、補剛材を介して過大な応力が作用し、クラックが発生したものと推定されている。

(3) 対策例

以下の手順で補修した例がある。

- 1) 標識柱を撤去し、外力を除去
- 2) 箱桁を支保工で支持するとともに交通規制をして損傷部の応力を軽減
- 3) 損傷部を切断し、両面から添接板を当てて高力ボルトで補修

3.横 溝

(1) 損傷状況

図-1に示すクラックが発見された例がある。
発生箇所は3本桁以上の1桁の外主桁から1本内側の主桁格点に近い。

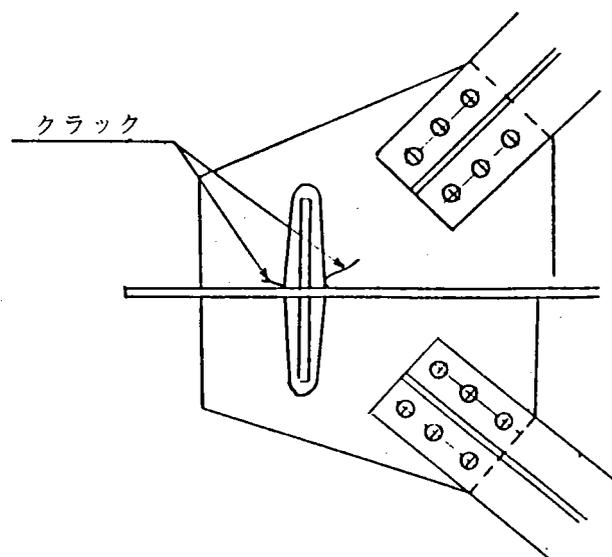


図-1 横溝ガセットプレートの損傷

(2) 推定原因

構造解析等により、以下の原因が単独または組み合わせて発生するものと考えられている。

- 1) 横溝には活荷重によって大きな軸力が作用する。
- 2) ガセットプレート内のスカーラップによって応力が乱され、局部的に主桁腹板に曲げ変形が生ずる。

(3) 対策例

以下に示す要領で補修を行った例がある。

- 1) ガセットプレート内のスカーラップ付近の応力の乱れを少なくするために、当て板等でスカーラップを埋める。
- 2) 横溝による作用力のアンバランスを少なくするために、支材を設ける。
- 3) 上記1)と2)の組み合わせ。

4. アーチ橋、吊橋

4-1 アーチ橋の補剛桁ウェブ、アーチリブのクラック

(1) 損傷状況

端支柱上の補剛桁ウェブ、および、中間支柱の縦桁とアーチリブとの連結ガセットにクラックが発生する場合がある。

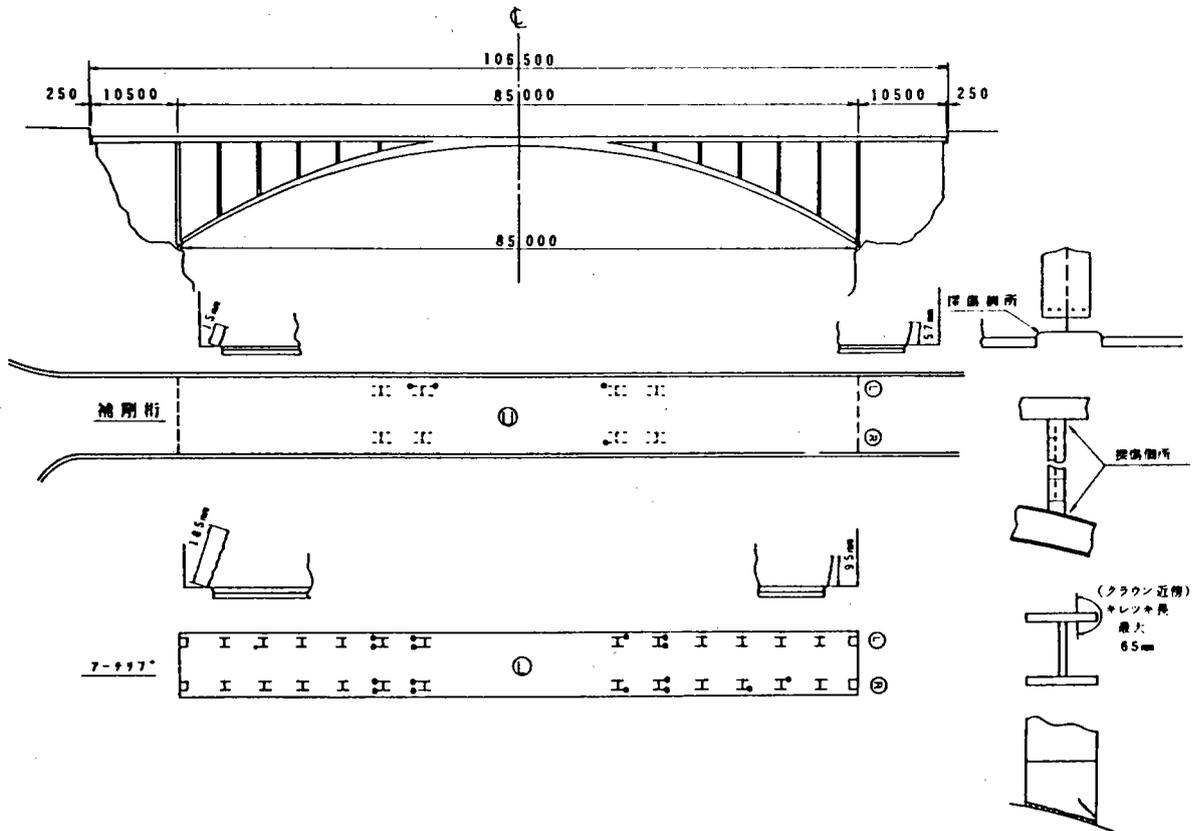


図-1 損傷位置

(2) 推定原因

以下のような要因による疲労クラックと考えられる。

1) 補剛桁ウェブのクラック

低い曲げ剛性断面に拘束モーメントが生じた上に、切欠き部の応力集中が重ね合わされる。図-2に示すように、横溝の組み方が通常の場合と逆であるため、橋軸直角方向の拘束が弱く、面外変形による2次応力が生じやすい。

2) アーチリブのクラック

アーチ面内変形に対し、取り付けガセットの鋭角部は応力集中しやすい。

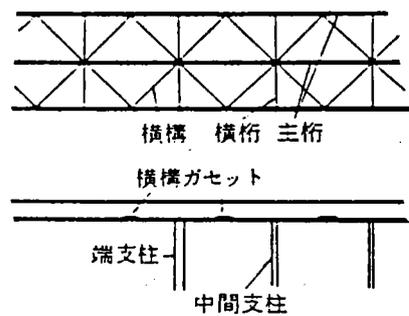


図-2 横溝配置状況

(3) 対策例

1) 端支柱上の補強

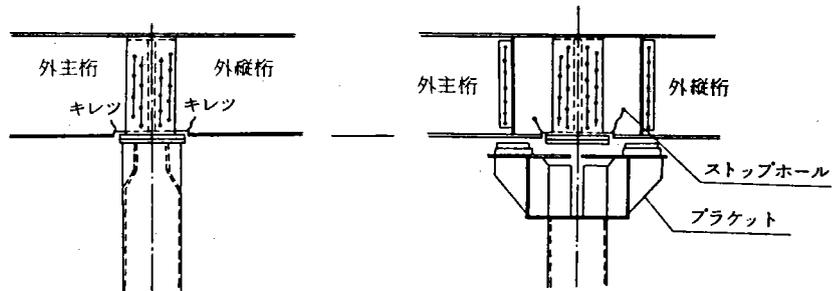


図-3 ラケットの設置

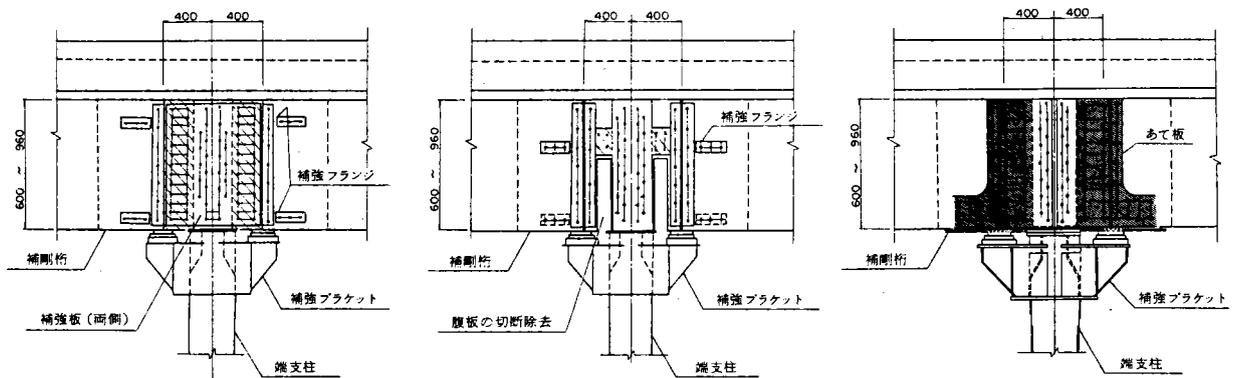


図-4 継手部の剛結化 図-5 継手部のヒンジ化 図-6 ウェブクラック部の補強

2) 補強ラテラルの設置

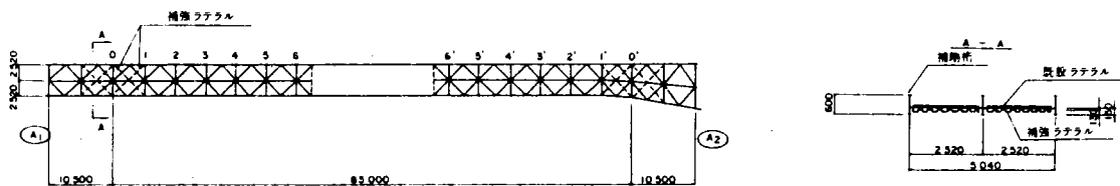


図-7 補強ラテラル

3) 中間支柱ガセット部の補強

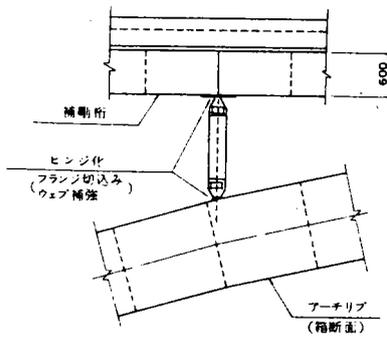


図-8 端支柱部のヒンジ化

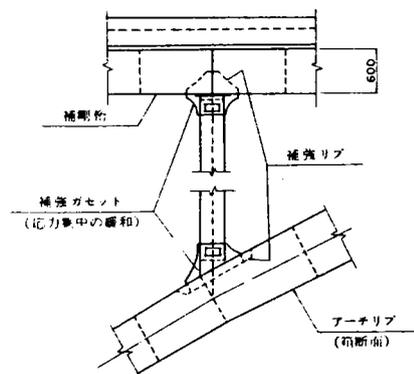


図-9 補強ガセットの設置

4) 橋軸方向移動の拘束

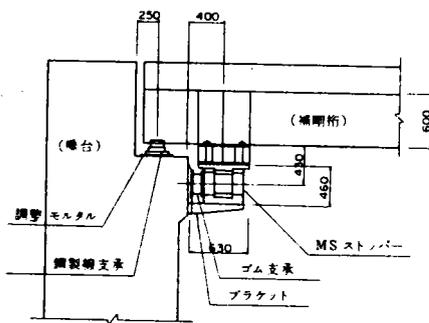


図-10 MS ストッパー+ゴム支承の設置

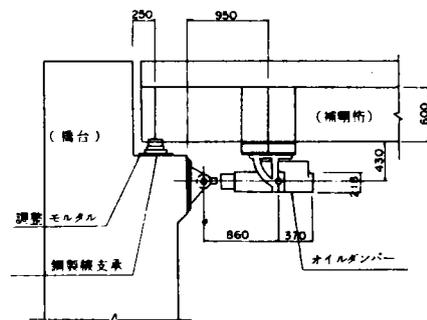


図-11 オイルダンパーの設置

[参考文献]

- 加藤、中野 : 疲労亀裂を生じた鋼アーチ道路橋の原因調査と補強案の策定、第16回日本道路会議一般論文集、PP.619-620、1985
- 水木、中野他 : 疲労亀裂を生じた鋼アーチ道路橋の実橋調査と補修、川田技報、Vol. 4、PP.244-250、1985

4-2 タイドアーチ橋の横桁取付部のクラック

(1) 損傷状況

タイガーダーと横桁とを連結するコネクションプレートの溶接部、および、横桁のフランジとウェブの溶接部にクラックが発生する場合がある。

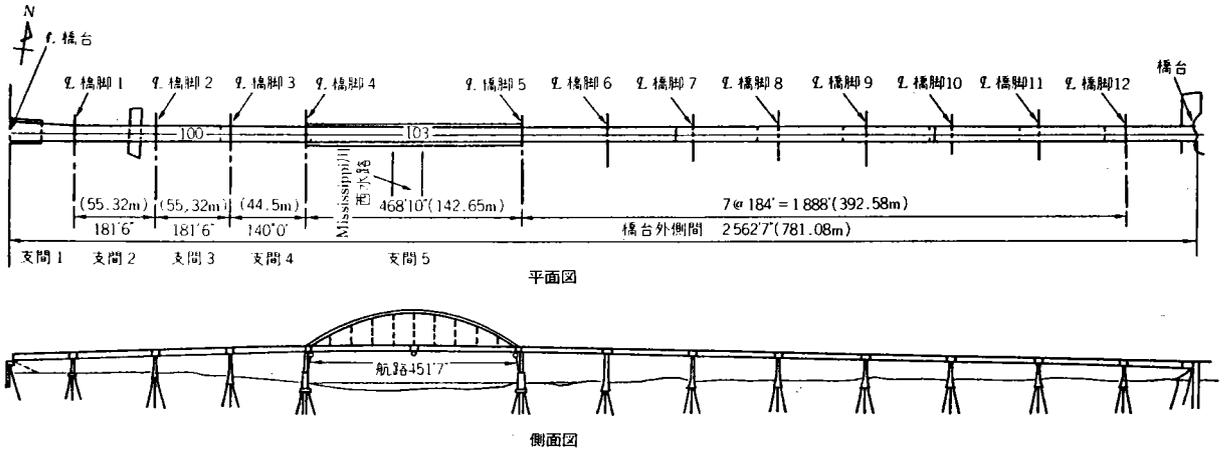


図-1 タイドアーチ橋とアプローチのプレートガーダー橋の平面図および側面図

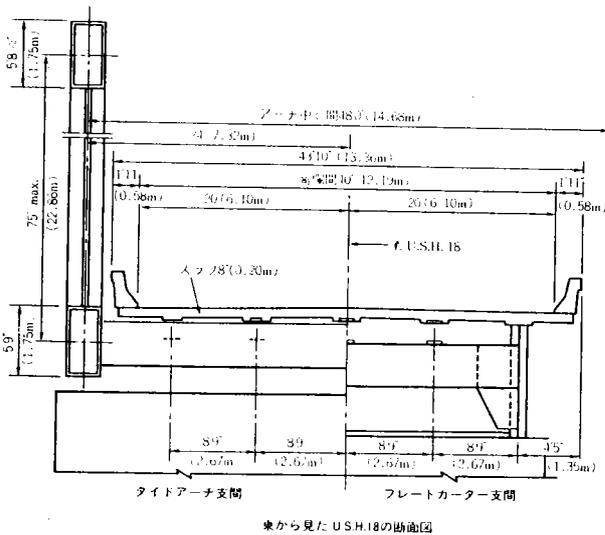


図-2 タイドアーチ橋とプレートガーダー橋の断面図

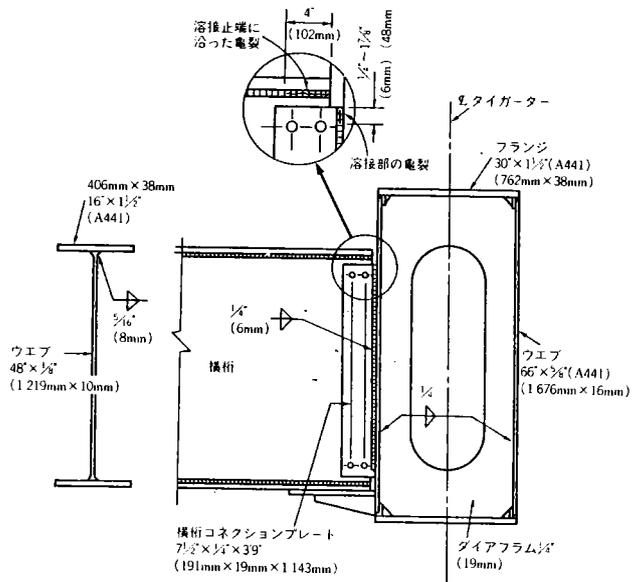


図-3 横桁-タイガーダー接合部に生じた亀裂の位置

(2) 推定原因

両者のクラックは、疲労クラックであると考えられる。

横桁コネクションプレートの鉛直方向クラックは、横桁の端部における拘束に起因する。タイガーダーのねじり剛性と、横桁とコネクションプレートの間のせん断接合部の剛性が高いので、この溶接継手の上端に高い繰返し応力が生じる(コネクションプレートの断面係数は横桁のそのの20%)。

フランジとウェブをつなぐ隅肉溶接に沿った水平クラックは、タイガーダーに対して床組が橋軸方向に相対変位することで生じている。これは、構造系の全体的な変形に起因し、コネクションプレート上端の小さなウェブギャップに面外変位を生じさせる。

(3) 対策例

クラックの進展を防ぐためには、クラックの先端を浸透探傷および磁粉探傷し、ストップホールを設けることが考えられる。

クラックの再発を防ぐためには、Cut T鋼を用いて横桁フランジをタイガーダーウェブおよび箱断面タイガーダーのダイヤフラムにウェブを介して接合することが考えられる。

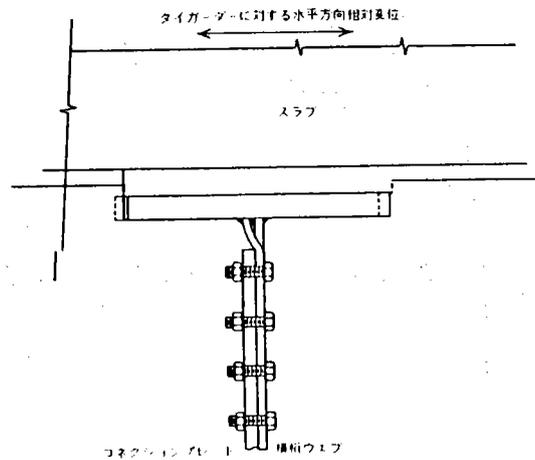


図-4 横桁ウェブギャップの変形

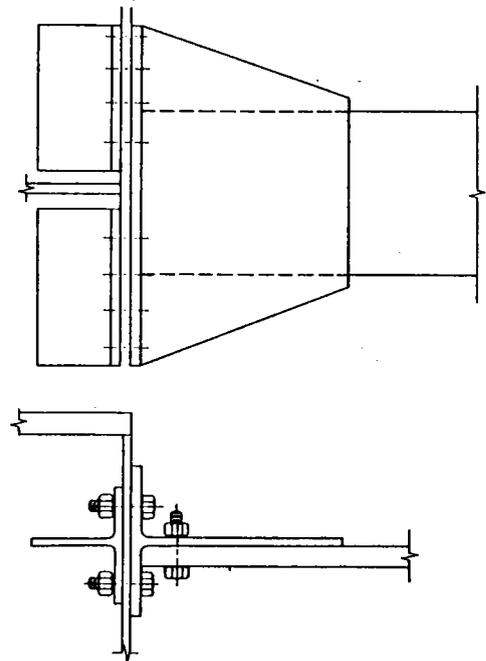


図-5 補強後のディテール

[参考文献]

John W. Fisher (阿部、三木訳監修): 鋼橋の疲労と破壊、建設図書

4-3 タイドアーチ橋のタイガーダーのクラック

(1) 損傷状況

溶接箱断面タイガーダー縦方向溶接部に直角方向のクラックが発生する可能性がある。

文献によればタイガーダーは、635mm×711mmの断面で、A514鋼を使用しており、クラックは、ピンリンク接合部付近で発見されている。クラックのほとんどは、隅肉溶接部の外面までは進展しておらず、表面層をグラインダーで取り除いて初めて表面に表れた。なお、このクラックは、X線を用いた詳細な検査によって発見されている。

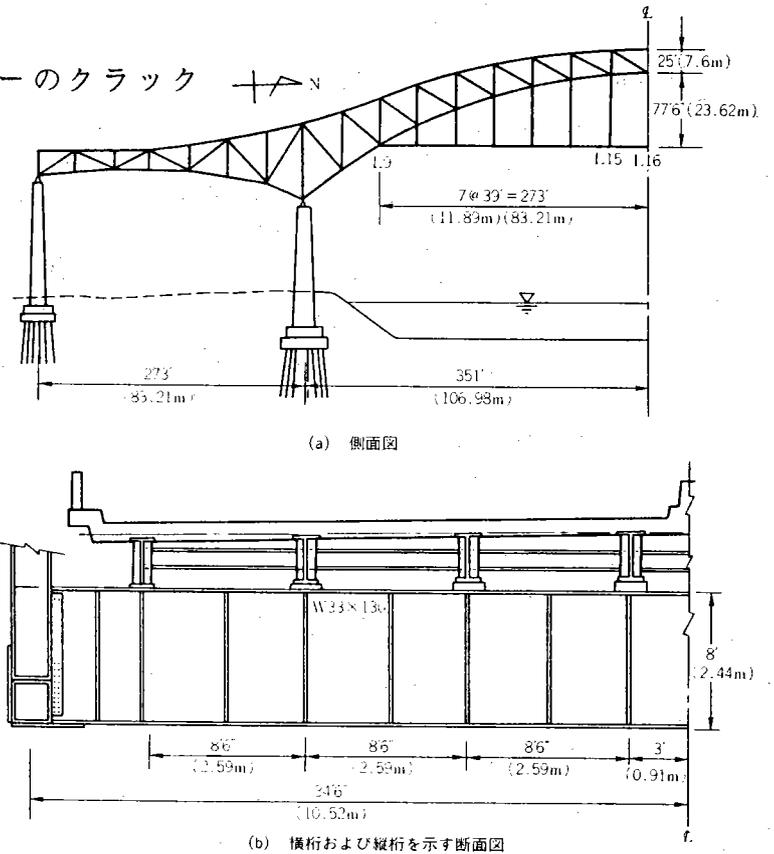


図-1 側面図および断面図

(2) 推定原因

文献では、クラックの発生は、製作時に生じたものとしている。これらは、溶接寸法を増すためにサブマージアーク溶接に手溶接の層を追加した領域に発生しており、溶接寸法の増加は、ピンプレート接合部における箱断面腹板からの力の伝達を断面内でバランスさせるために行っている。

クラックの発生は、クラックを切り取って検査した結果、溶収縮による高い引張残留応力域に存在する空隙やスラグ巻込みに起因しているとしている。

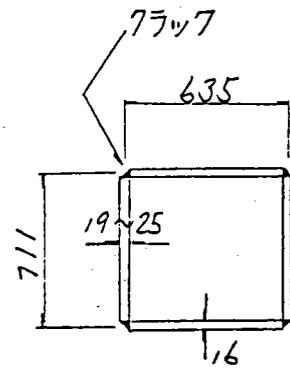


図-2 クラックの位置

(3) 対策例

これらのクラックを破壊力学モデルを用い、死・活荷重応力および残留応力の寄与分を考慮して評価した結果から、クラックの最大のものについては、最も厳しい供用応力条件下において、疲労によるクラック進展の可能性が生じると結論づけている。

対策としては、クラックは全てグラインダ研磨、孔明け、あるいは、コア抜き取りによって取り除いている。

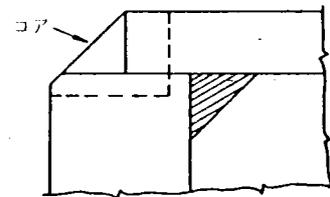


図-3 典型的なコアの模式図

[参考文献]

John W. Fisher (阿部、三木訳監修): 鋼橋の疲労と破壊、建設図書

4-4 下路ローゼ桁の吊材のクラック

(1) 損傷状況

図-1に示すように、中央から2番目の吊材全部の上下端にクラックが生じる場合がある。吊材は、H形断面をしており、クラックは上下弦材との取り付け部付近の断面変化部に、フランジとウェブとのすみ肉溶接止端に沿ってウェブを貫通して進展することが考えられる。

(2) 推定原因

文献によれば本橋は、架設後の12月に北西の季節風(風速10~15m/s程度)を受け、吊材に曲げおよびねじれの大きな振動を起こした。その結果、吊材がねじれによる振動を起こした際に、吊材の断面が変化しているため、フランジ面直角方向の応力が損傷部に集中して繰り返し作用したことに起因するものと推定している。

(3) 対策例

本橋は、支間約150m、幅員6.5mであり、幅員に比べ支間がかなり大きく、比較的揺れ易いプロポーションである。そのため、万一揺れが生じた場合に備え、防振装置を取り付けることを予め考慮して設計されていたので、直ちに実行された。制振装置は、ワイヤーロープとターンバックルから成っており、最初に一本式の装置を取り付けたところ、思うような制振効果は得られなかったようである。これは、吊材の振動におけるねじれの成分が大きいと推定しており、その対策として、図-3に示す2本式の制振装置に取り換えている。

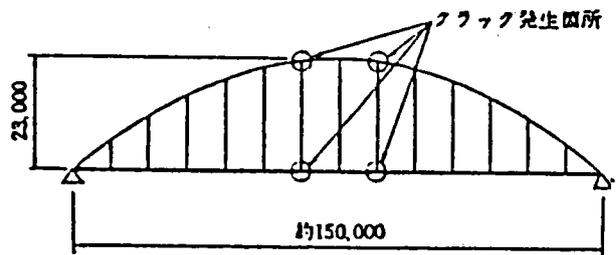


図-1 クラック発生箇所

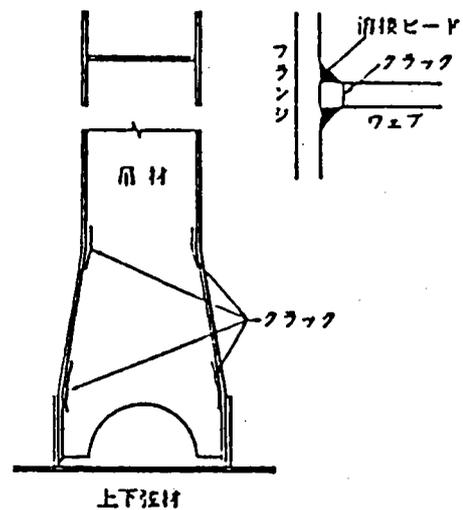


図-2 クラックの詳細位置

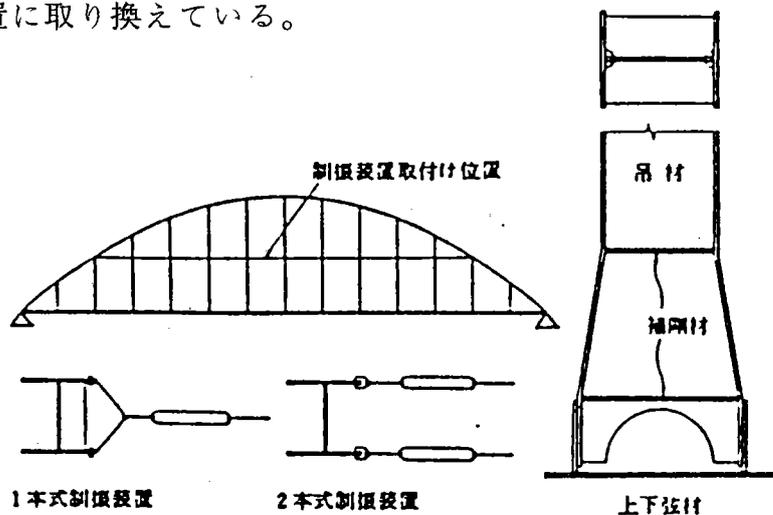


図-3 制振装置とその取り付け位置

[参考文献]

西川：道路構造物の損傷例、補修例—主として橋梁について—、道路、1982-11、pp.44-47

4-5 吊橋の床桁のクラック

(1) 損傷状況

鉄道による偏心荷重によって生じるねじれや橋軸方向の反りねじりにより、床版に大きなたわみを生じ、床版と床桁に損傷を受ける場合がある。

文献では、この対策として、当初上部デッキに設けられていた水平のブレースをいったん撤去し、橋を柔構造にすることで対処しようとしたが、これにより、さらに上部デッキと下部デッキを支える床桁に、顕著な疲労によるクラックが発生した。

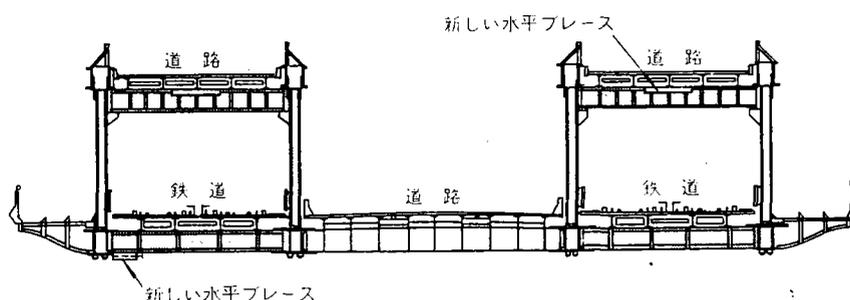


図-1 立体ラーメン構造

(2) 推定原因

鉄道による偏心荷重によりねじれや橋軸方向の反りねじりが生じ、これによって起こる大きなたわみに起因する疲労クラックと考えられている。

(3) 対策例

文献では、次のような対策を講じている。

- 1) 高強度の水平ブレース(厚さ2.54cm、長さ7.63mの鋼材)を再び上下部デッキに設置する。
- 2) 斜材として補剛トラス間15.25mを対角につないで補強する。
- 3) ガセットプレートは、強固なものを用いる。

以上により、上下部デッキと縦桁および補剛トラスを一体構造とし、橋軸方向に連続で剛な立体ラーメン構造にし、ねじれや橋軸方向の反りねじりに抵抗させている。

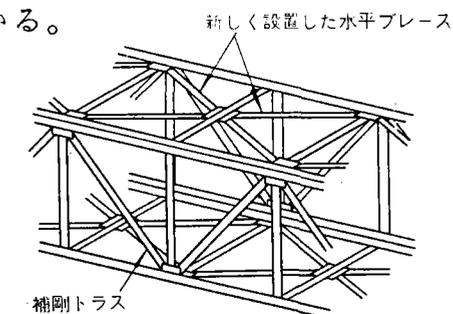


図-2 水平ブレースの設置

- 4) 橋に作用する応力を解析した結果、縦桁下の支承板が固定されているため、外縦桁にはさまれた床桁部分にひずみが集中することが判明した。

そこで、支承部にネオプレンパットを取り付けることで、この立体ラーメン構造が剛性を保ちながら、縦桁が確実にスライドするように工夫している。

[参考文献]

萩追：マンハッタン橋の補修、橋梁と基礎、vol. 18、1984.12、pp. 49

5. 鋼製橋脚

5-1 横梁・隅角部の局部変形

(1) 損傷状況

鋼製ラーメン橋脚の横梁・隅角部付近に局部的な変形がみられる場合がある。(図-1)文献によれば橋脚各部の変位は、図-1のように相対変位を生じていたもので、事例aでは面内変形が、事例bでは面外変形が卓越している。

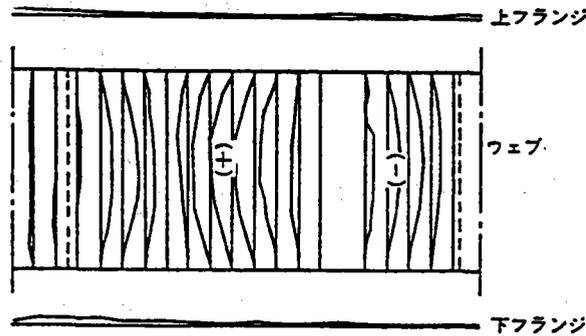


図-1 横梁ウェブ・フランジの局部変形

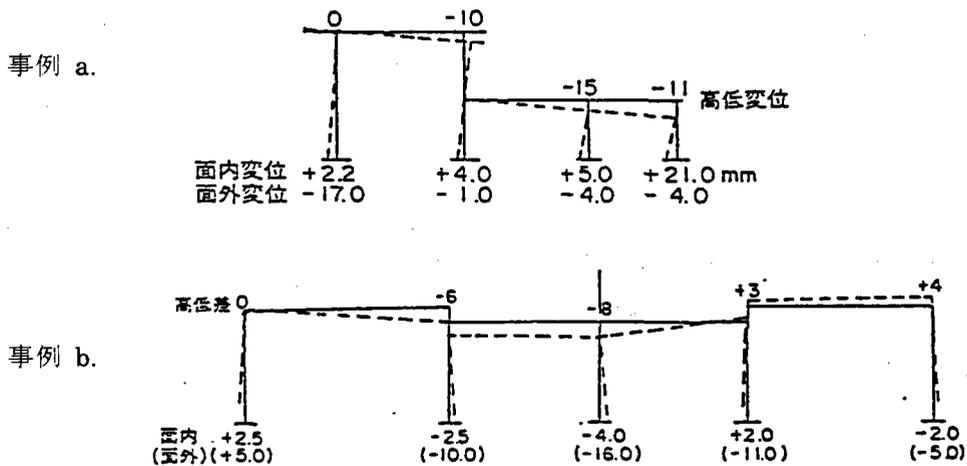


図-2 ラーメン橋脚全体の変形状態

(2) 推定原因

鋼製ラーメン橋脚の設計においては、基礎完全固定として計算されるが、基礎の拘束がゆるむ場合、死活荷重による応力は横梁・隅角部に負荷されることになる。基礎工の変位オーダーは10mm~20mmに及び基礎の支点変位が横梁・隅角部の変位の主因と推定される。面外変形が卓越するものでは、車輛の制動荷重などもその一因とみられたが判然とせず、他の設計・施工要因が複合しているものと考えられる。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

① 柱および梁に補強鋼板を現場溶接により取り付けた事例

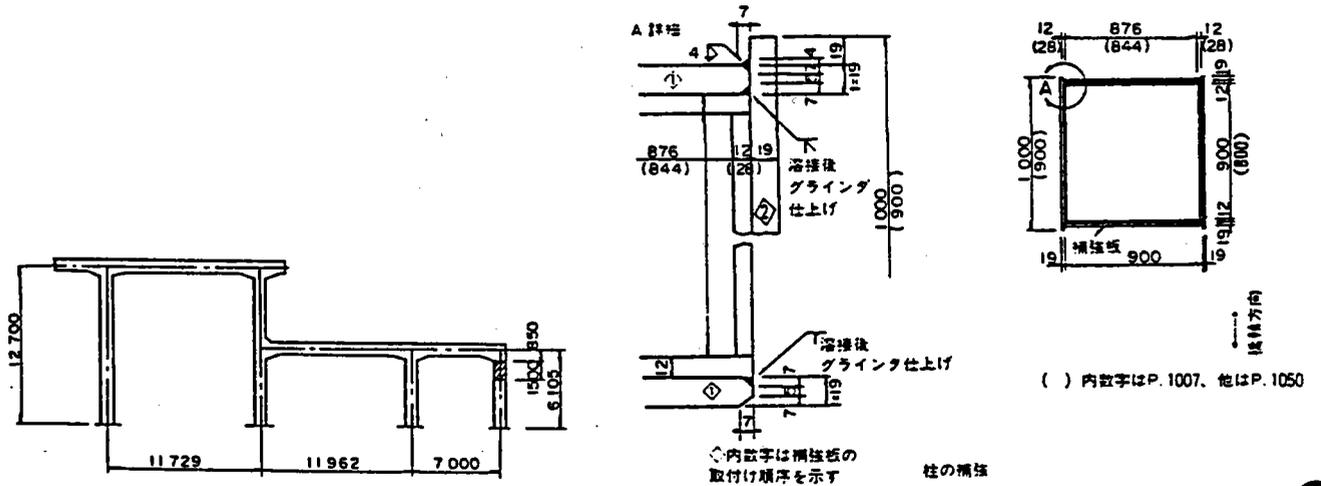


図-3 補強鋼板による補修

② 面外変形の著しいものでは、増設橋脚を設けた例

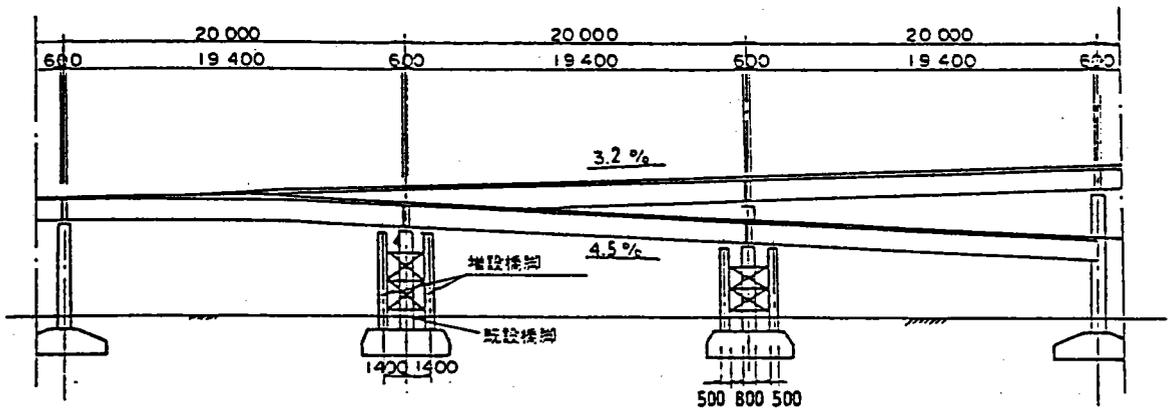


図-4 増設橋脚による補強

2) 新設時の対策例

基礎工の拘束条件を考慮した鋼製ラーメン橋脚の設計

[参考文献]

「道路橋補修の設計・施工」(山海堂)柳田・音川等

5-2 車輛衝突による局部変形

(1) 損傷状況

鋼製橋脚においては、橋梁下が街路であることが多く、車輛の衝突により各種の損傷がみられる。角柱の溶接ボルト頭部が車輛衝突で採られたものなどあるが、局部変形を生じた例は丸ピアーにみられる。

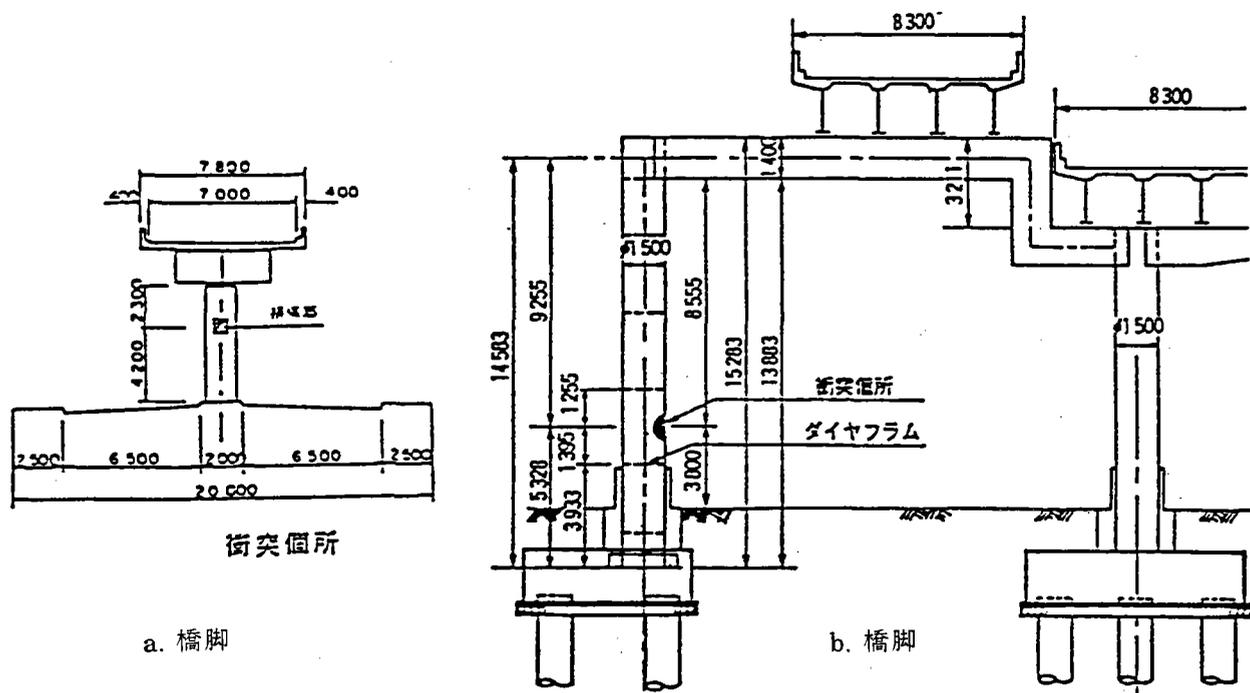


図-1 衝突による損傷

(2) 推定原因

車輛衝突であることは明白であるが、通常衝突で考えられる位置より高く、積載物による衝突と考えられる。衝突位置が高く、補剛の無い丸ピアであるため変形が生じたと推定される。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

補修方法としては、損傷部をカバーする程度の幅で鋼板を巻付ける方法(補強バンド)が採用された。円柱に鋼板を溶接させることはかなり困難な作業となるので板は3分割にしたものを用い、現場溶接を行っている。事例aでは板厚12mm板幅700mmの補強バンドを直接巻付けたものであり、事例bでは損傷が大きく、板厚19mm、板幅2200mmの補強板を15×50の補強材を介して巻付けたものである。

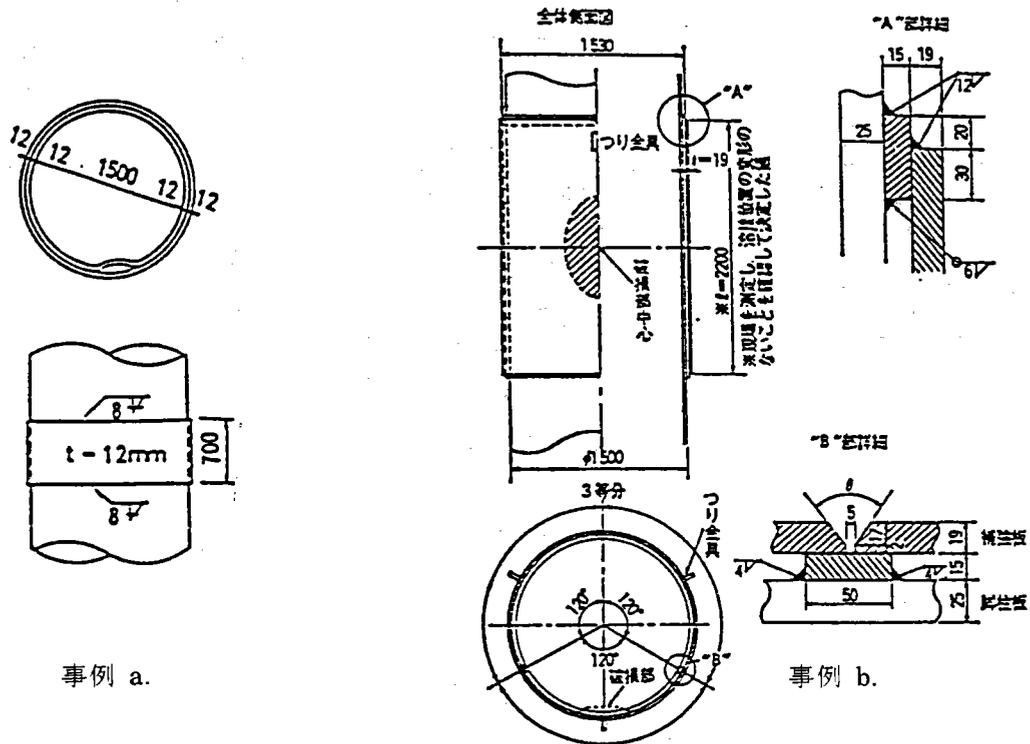


図-2 補強鋼板による補修

5-3 梁柱接合部の溶接われ

(1) 損傷状況

鋼製T型橋脚の梁柱結合部溶接にクラックが発見された。SM58機の厚板で構成される隅角部はその縁端に3つの溶接線が交差する特殊な設計のもので、溶接部には内部欠陥を持っている。損傷概況を図-1に示す。

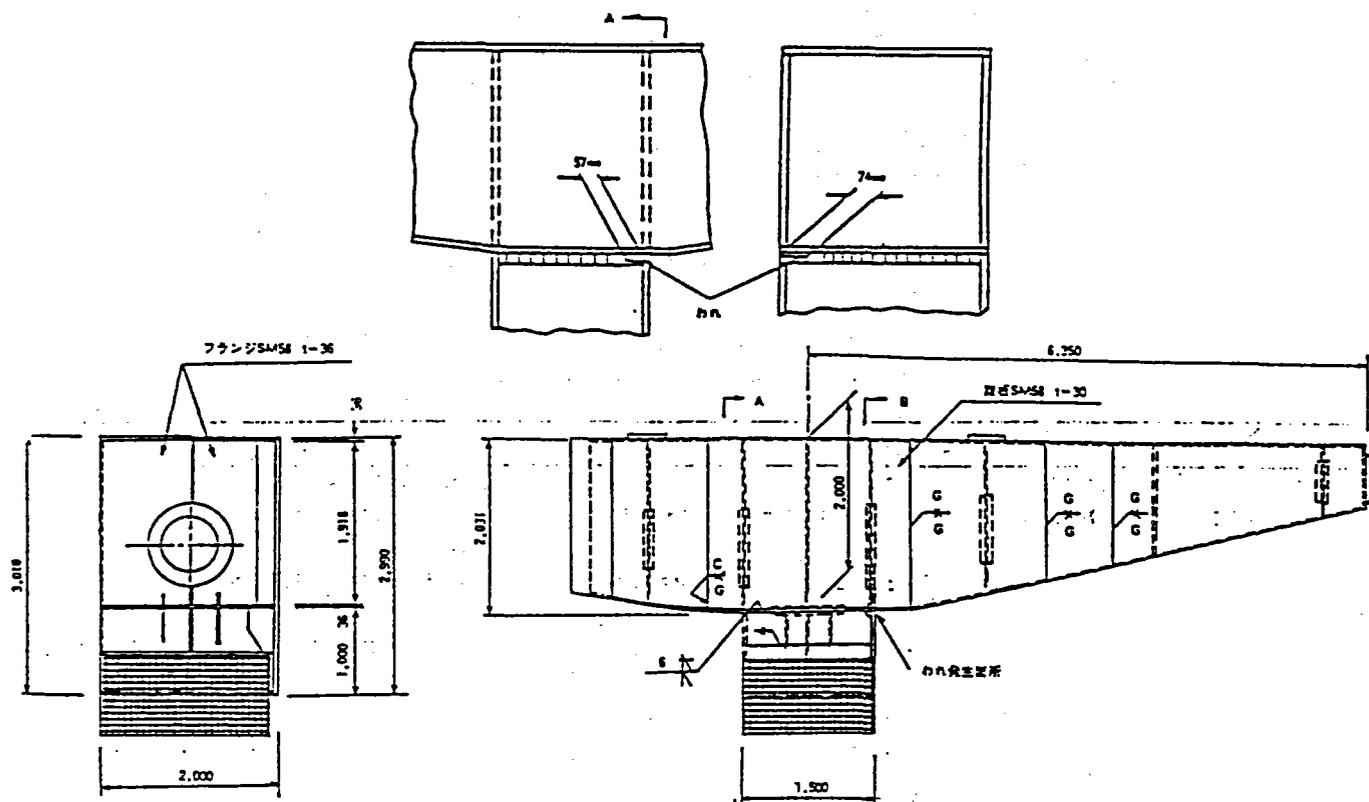


図-1 隅角部の損傷

(2) 推定原案

この損傷は、特殊なディテールを持つと共に、溶接時に偶発的に生じた微細な溶接欠陥(スラグ巻込み・ブローホールなど)が、大きな活荷重の繰返し载荷により成長して生じたものと推定される。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

16枚の補強板を内面・外面より取付け、現場溶接はビードを整形し応力の流れの円滑化を図った。

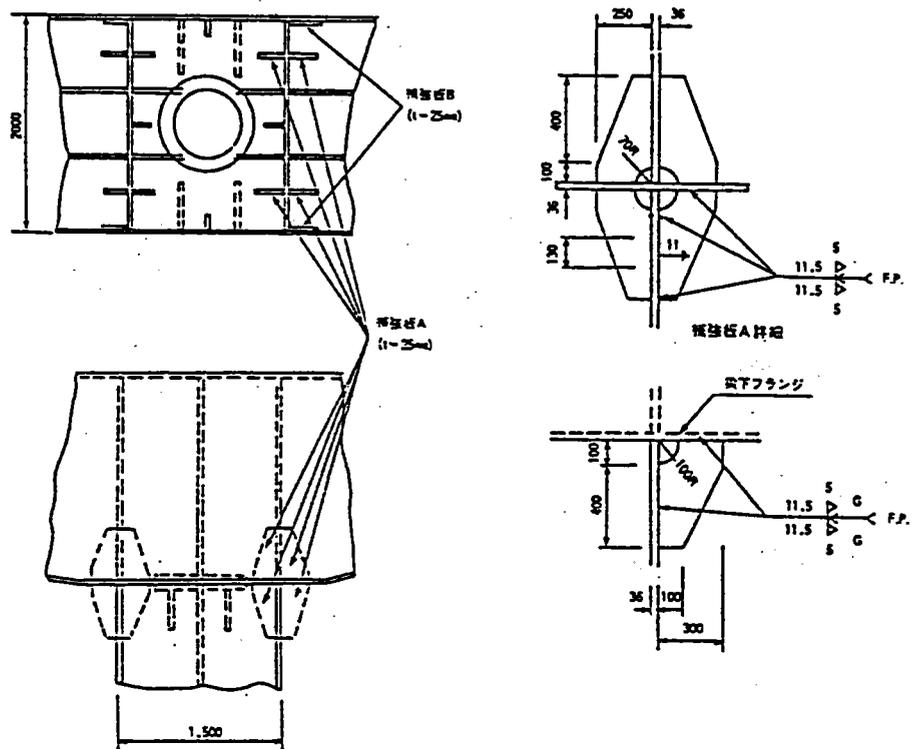


図-2 補強板設置例

2) 新設時の対策例

隅角部の構造は、ウェブを通して図-3のような構造を採用している。

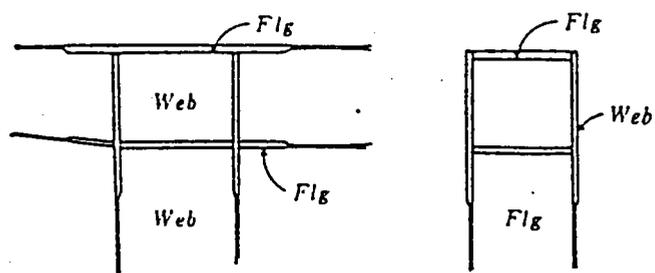


図-3 隅角部の構造

[参考文献]

「鋼構造物の亀裂損傷と補修」阪神公団第16回技術研究発表会

6 付属構造物

6-1 伸縮装置

6-1-1 アンカー部の橋台パラペットコンクリートのひびわれ

(1) 損傷状況

アンカー部の橋台パラペットコンクリート後打ち部に(図-1参照)ひびわれが生じた。

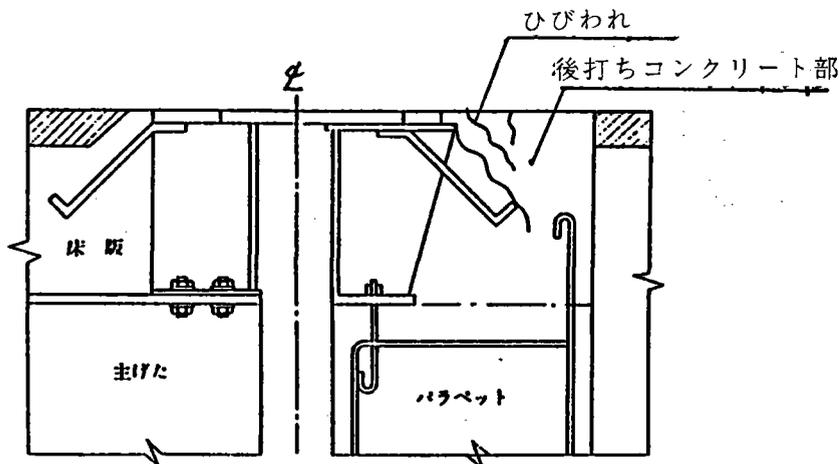


図-1 補修前の断面

(2) 推定原因

- 1) アンカー部材の不足。
- 2) 橋台パラペットの後打ちコンクリート部の補強鉄筋が不十分。
- 3) 後打ちコンクリートの充填が不十分。

(3) 対策

1) 補修時の対策例

原因がアンカー部分にあるので、一度伸縮装置を取りはずし、伸縮装置のアンカーバーを増設した後、設置し直す。(図-2参照)

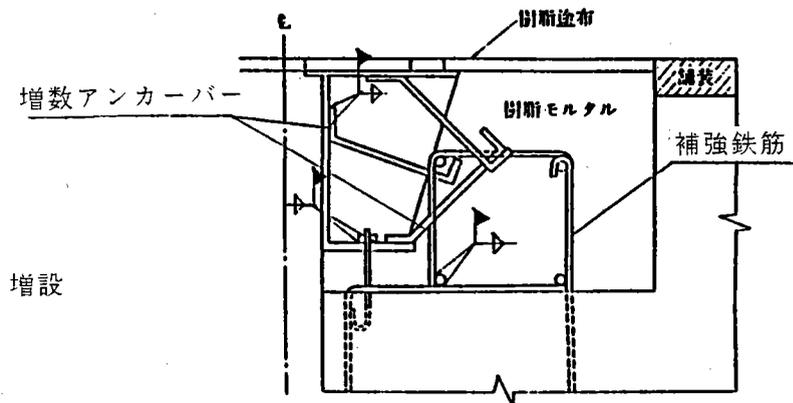


図-2補修後の断面

補修順序

- ① 橋台パラペット部のコンクリートを伸縮装置の下まではつる。
- ② 橋台側の伸縮装置をとりはずす。

- ③ 橋台に補強鉄筋を配筋し、伸縮装置にもアンカーバーを溶接し、増設する。
 - ④ 伸縮装置を接地する。
 - ⑤ 樹脂モルタルを打設する。
- 2) 新設時の対策例
 道路橋伸縮装置便覧(文献-2)、鋼橋伸縮装置設計の手引き(文献-3)、その他各公団、公社等の規準を参照。

[参考文献]

- 1) (社)日本道路協会 : 道路橋補修便覧、p224~226、昭和54年2月
- 2) (社)日本道路協会 : 道路橋伸縮装置便覧、昭和45年4月
- 3) (社)日本橋梁建設協会 : 鋼橋伸縮装置設計の手引き、1984年6月

6-1-2 フェースプレートの変状と衝撃音

(1) 損傷状況

架設当時の伸縮装置の形式は、鋼重ね合せジョイントであったがフェースプレートが変状し、特に重車輛の通過時に衝撃音があり、目視によっても、フェースプレートが浮いているのが、観察された。(図-1参照)

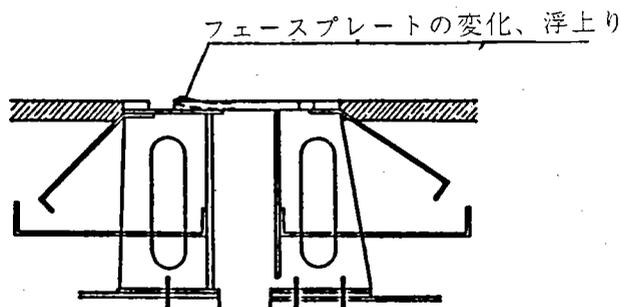


図-1 補修前の伸縮装置(鋼重ね合せジョイント)

(2) 推定原因

以下のような原因と長年の供用により、フェースプレートが変状し、浮き上り、重車輛の通過時に衝撃音が発生しているものと考えられる。

- 1) フェースプレートの板厚が不足している。
- 2) 重車輛の交通量が特に多い。
- 3) 桁の移動量、回転量も大きい。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

補修性が容易であることを考慮し、また、伸縮装置の所要遊間量も比較的大きいため、鋼重ね合せジョイントから、鋼フィンガージョイントに形式変更、取替えられた。(図-2参照)

本橋は交通量が多く、交通止めができないので夜間に幅員の半分ずつ施工し、昼間は覆工板が使用された。伸縮装置は、幅員中央部の中桁上で現場溶接された。(図-3参照)

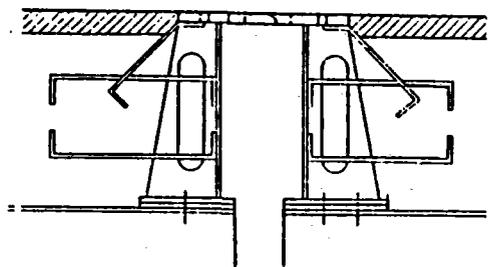


図-2 補修後の伸縮装置
(鋼製フィンガージョイント)

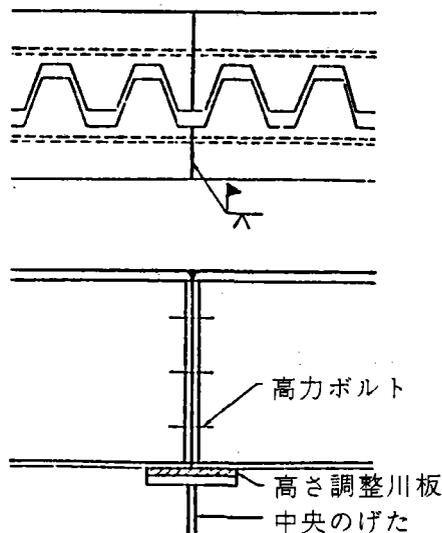


図-3 伸縮装置の現場継手構造

補修順序

- ① 端部床版および地覆コンクリートをけた端から約75cmはつり、旧伸縮装置を撤去する。
- ② 現橋の床版鉄筋をけた端から約40cm除去し、新伸縮装置を設置する。
- ③ 床版端部の下面、および側面に型枠を設け、補強鉄筋を配筋する。
- ④ 超早強コンクリートを打設し、養生する。

3) 新設時の対策例

道路橋伸縮装置便覧(文献-2)、鋼橋伸縮装置設計の手引き(文献-3)、その他各公団、公社等の規準を参照。

[参考文献]

- | | | |
|----------------|---|--------------------------|
| 1) (社)日本道路協会 | : | 道路橋補修便覧、p224~226、昭和54年2月 |
| 2) (社)日本道路協会 | : | 道路橋伸縮装置便覧、昭和45年4月 |
| 3) (社)日本橋梁建設協会 | : | 鋼橋伸縮装置設計の手引き、1984年6月 |

6-1-3 フィンガープレートの隅肉溶接部のわれと折損

(1) 損傷状況

車輛走行軌跡上附近のフィンガープレートと受け台の隅肉溶接部に図-1の箇所に溶接われが見られた他、歯形部分(図-2)が切断されていた。

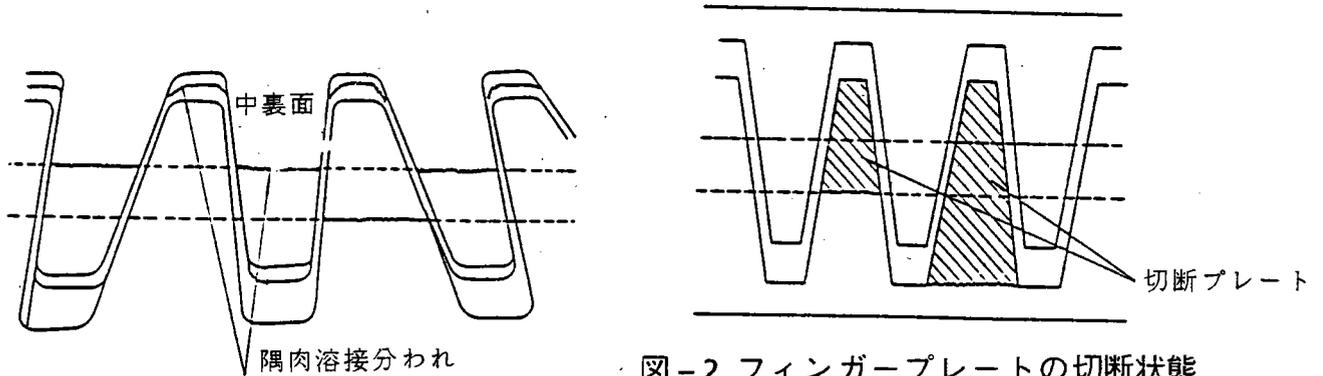


図-2 フィンガープレートの切断状態

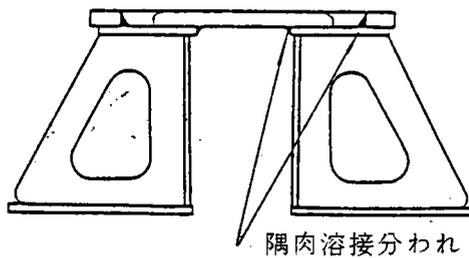


図-1 溶接欠陥箇所

(2) 推定原因

重交通により、フィンガープレートに繰り返し応力が生じているため、溶接部の疲労により、われが生じたものと考えられる。

歯形切断については、溶接われが進行し、やがて、破断に至ったと考えられる。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

① 溶接欠陥箇所

溶接欠陥箇所をガウジングで完全に除去し(図-3)、隅肉溶接がなされた。

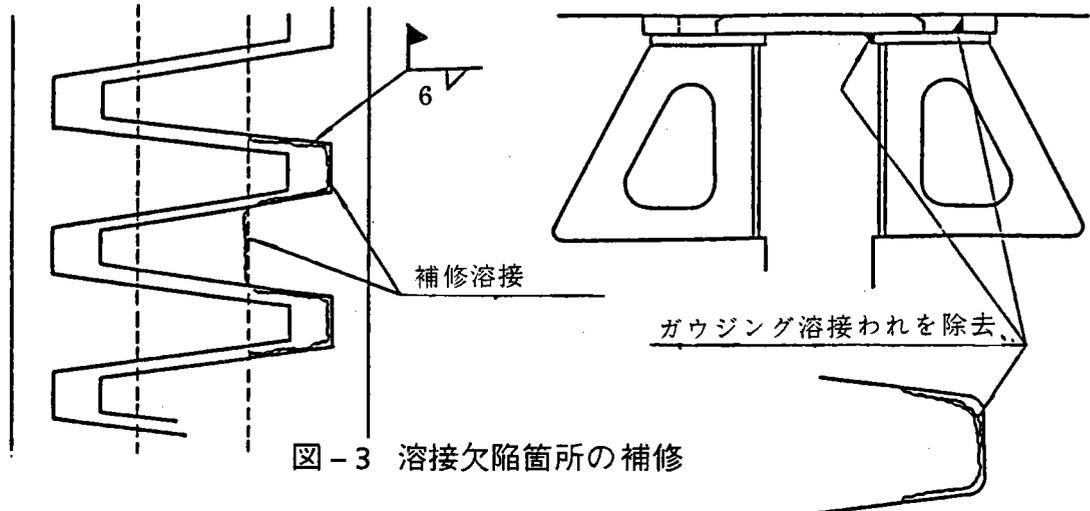


図-3 溶接欠陥箇所の補修

② 破断箇所の補修

破断あるいは破断寸前のプレートをガウジングで撤去し、欠損部のプレートは反対側のフィンガープレートに溶接された。

破断面での突合せ溶接で、原形と同じ形状にすることも考えられたが、溶接箇所が再度同じ結果を招く恐れもあり、又、強度上も問題あるため、このような方法が採用された。

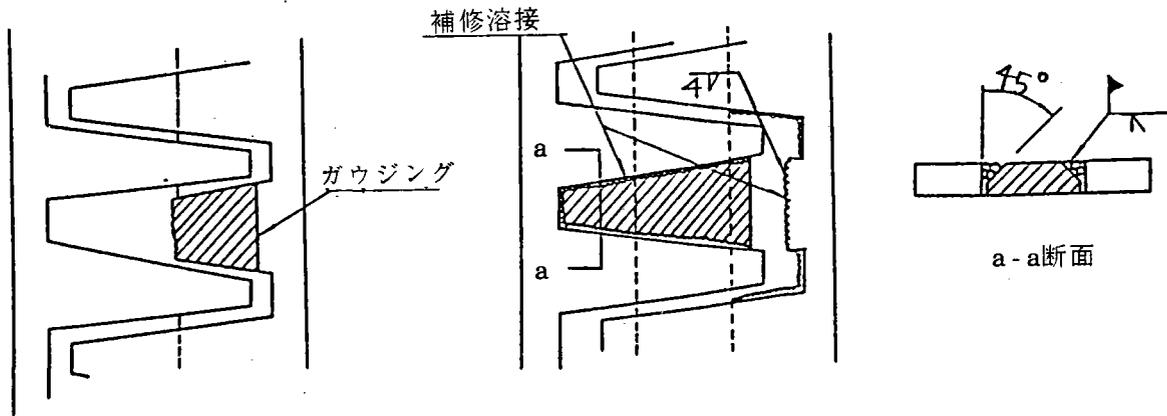


図-4 破断箇所の補修

2) 新設時の対策例

道路橋伸縮装置便覧(文献-2)、鋼橋伸縮装置設計の手引き(文献-3)、その他各公団、公社等の規準を参照。

[参考文献]

- 1) 鈴木 : フィンガージョイントの点検と補修、橋梁と基礎、Vol. 17、No. 8、p179~182、1983
- 2) (社)日本道路協会 : 道路橋伸縮装置便覧、昭和45年4月
- 3) (社)日本橋梁建設協会 : 鋼橋伸縮装置設計の手引き、1984年6月

6-1-4 排水樋の泥詰まり

(1) 損傷状況

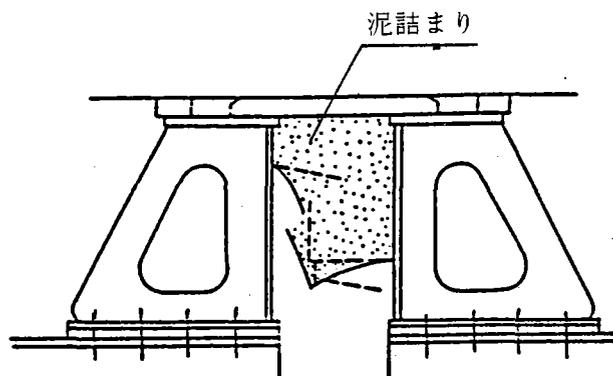


図-1 補修前の排水樋の状況

排水樋が図-1のように土砂で完全に詰まっております、場所によっては土砂で押されて樋が破損しており、排水機能が失われていた。

(2) 推定原因

- 1) 排水断面が小さいこと。
- 2) 清掃が困難なこと。

等の原因によるものと考えられる。ジョイント部の排水を受け樋方式にしている構造では、大抵のフィンガージョイントは同じような状態になっているものと思われる。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

排水樋方式から、非排水構造形式(図-2)に変更、取替えられた。

補修順序

- ① 破損排水樋の撤去。
- ② 清掃ケレンし、弾性シーリング材接触面に接着材の塗布。
- ③ バックアップ材の下側からの取付ける。
- ④ 鋼板に角形鋼管をあらかじめ溶接した保持板を現場溶接にて、伸縮装置腹板に取付ける。
(口形鋼管の目的は保持板取付けの際、溶接熱がバックアップ材に直接影響されないため。)
- ⑤ 弾性シール材をフィンガープレートのすきまから充填する。

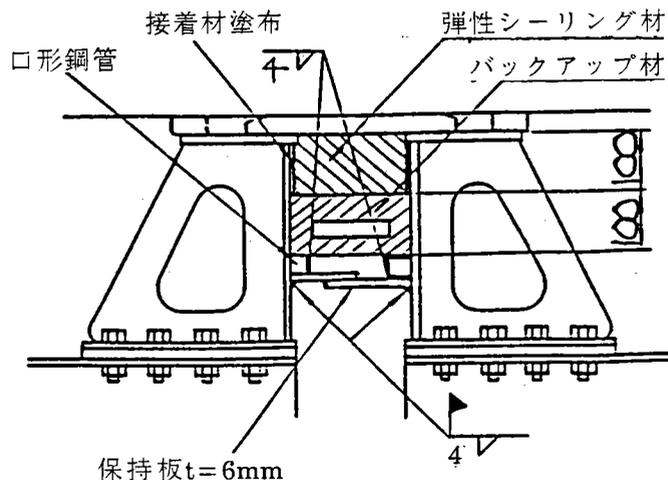


図-2 補修後の非排水構造断面

2) 新設時の対策例

- ① 道路橋伸縮装置便覧(文献-2)、鋼橋伸縮装置設計の手引き(文献-3)、その他各公団、公社等の規準を参照。
- ② 鋼製フィンガージョイント止水工法、及びノージョイント化工法(参考文献-4)を参照。

[参考文献]

- 1) 鈴木 : フィンガージョイントの点検と補修、橋梁と基礎、Vol.17、No.8、p179~182、1983
- 2) (社)日本道路協会 : 道路橋伸縮装置便覧、昭和45年4月
- 3) (社)日本橋梁建設協会 : 鋼橋伸縮装置設計の手引き、1984年6月
- 4) 阪神高速道路公団、(財)阪神高速道路管理技術センター : 伸縮装置の損傷一改良工法について、高速道路における土木構造物補修事例集II、p90~p96、昭和62年3月

6-2 排水施設

6-2-1 排水枘の補修内容の分類

損傷状況、推定原因等	補修内容等
<p>① 蓋のはずれ、紛失、損傷</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 取付不良、異物のはさまり、本体との取付金具なし ・ 強度不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取合構造改良、本体との連結チェーン等の取付 ・ 構造、材質変更等補強または取替え
<p>② 枘本体の損傷</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 床板、蓋等との取合不良 ・ 強度不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取合構造改良 ・ 構造、材質変更等補強または取替え
<p>③ 塵芥、土砂等の推積</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 構造形状、枘の大きさ又は排水管の大きさ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 清掃 ・ 構造形状改良取替え等
<p>④ 走行時のショック、異常音</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 蓋と本体との取合不良等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蓋、本体の取合構造改良等
<p>⑤ 枘取付部周辺からの漏水</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 取付部の施工不良、滞水など 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取付部改良等、水抜きパイプ(スラブドレイン)の設置など

6-2-2 排水管、支持金具等の補修内容の分類

損傷状況、推定原因等	補修内容等
<p>① 桧との取付部のはずれ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 取付ボルトの締付不足、取合構造不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取付ボルトの完全締付け、取合構造等の改良
<p>② 管の破損、はずれ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 管接続部の温度変化による移動拘束、活荷重による桁の回転変形、振動等 ・ ラップ長不足など 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 接続変更、伸縮装置の設置等を含む管の取替えなど ・ スリーブ長の変更、管の取替えなど
<p>③ 受桧の土砂等の詰まり</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 排水管からの流入土砂の推積 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 清掃、受桧及び受桧からの排水管の大きさ変更、取替えなど
<p>④ 取付金具のはずれ、ボルト等の欠落</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 取付ボルトの締付不足、振動等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ゆるみ止めボルトナットの採用等と完全施工
<p>⑤ 伸縮装置の排水樋の土砂等の詰まり</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 排水樋の大きさ、清掃困難、流入土砂の推積 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非排水構造形成への変更取替えなど

6-2-3 排水柵蓋の損傷

(1) 損傷状況

1) 鋼製格子蓋の損傷

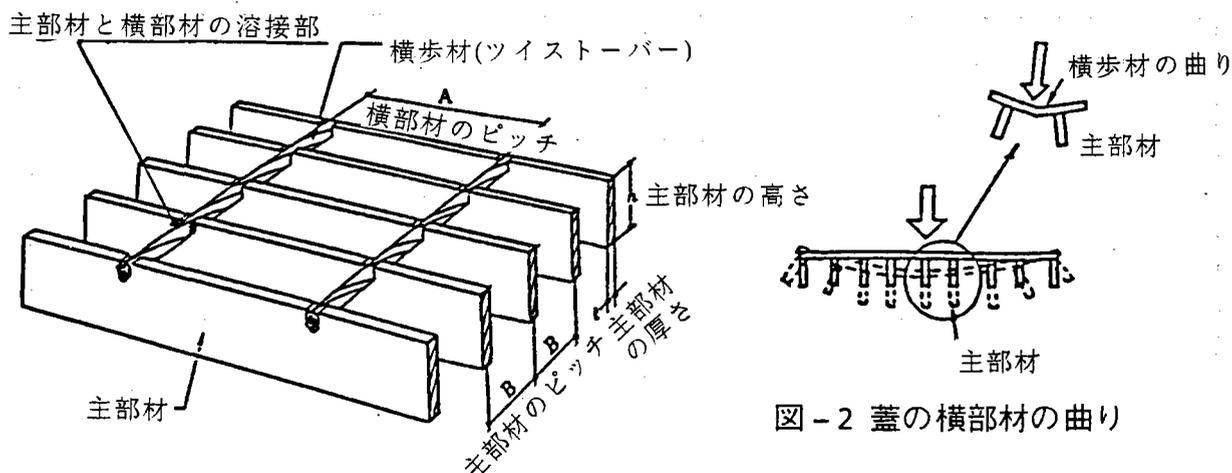


図-1 蓋の一般構造図(材質 SS41)

主部材と副部材の取付溶接部の割れ、横部材のちぎれ、主部材の曲がり等が発生する可能性がある。(図-2)

2) 鋳鉄製蓋の損傷

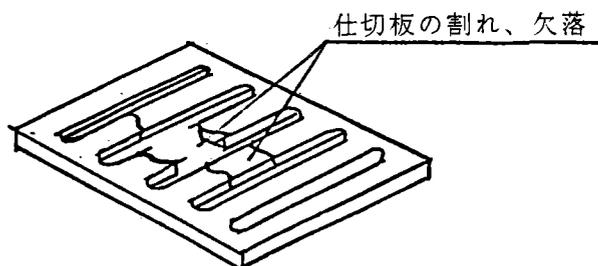


図-3 蓋の一般構造図(材質 FC15)

蓋の落下穴仕切り板に割れ、破断が発生する可能性がある。(図-3)

(2) 推定原因

1) 鋼製格子蓋の場合

輪荷重の繰り返し载荷により、主部材と横部材の剛性の違いから横部材が曲がり、溶接割れが発生、格子状の断面保持が失なわれることによって、主部材の剛性が低下し、破損に至ると考えられる。

2) 鋳鉄製蓋の場合

蓋の寸法が大きい場合で、鋳鉄製(FC15等)が採用されている場合、輪荷重接地圧に対する強度不足により、仕切り板が破損する例がある。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

① 鋼製格子蓋の場合

蓋の設計変更取替えが一般的である。

- 設計変更に対する留意事項

主部材の間隔をせまくし、格子状断面を保持するため、横部材の十分な強度を必要とする。

- 横部材が接地圧を直接受けないように主部材の下側に配置する。

② 鋳鉄製蓋の場合

蓋の設計変更取替えが一般的である。

- 材質変更(FC15 SC46又はSS41)し、接地圧に対する応力検討を行い、仕切り板の穴の寸法と板厚を決定する。

2) 新設時の対策例

道路土工排水工指針(文献-2)、その他各公団、公社等の規準参照。

[参考文献]

- 1) 高架構造研究会編 : 道路橋の点検補修、P102~P110、昭和53年1月
- 2) (社)日本道路協会 : 道路土工排水工指針、昭和62年6月

6-2-4 排水管の損傷

(1) 損傷状況

伸縮装置の排水樋の排水管と、桁本体排水管が連結されている橋脚上の排水施設で、排水樋と排水管の取付部にわれが発生した。(図-1)

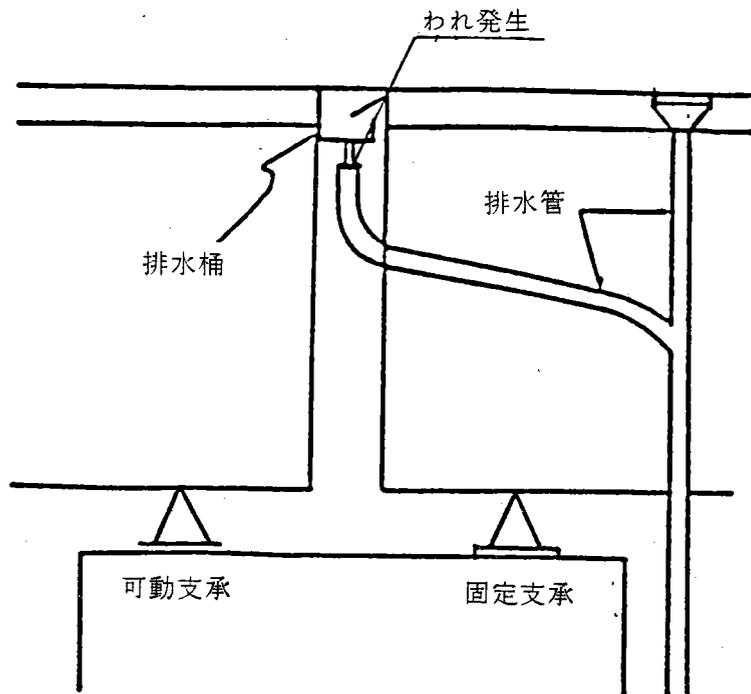


図-1 補修前排水管取付け状況

(2) 推定原因

排水樋は可動側の桁に、排水管は固定側の桁に取付けられている。そのため、損傷部には、桁の温度変化や、活荷重による移動、回転により、常時、繰返し外力が働き、われたものと考えられる。

(3) 対策例

1) 補修時の対策例

われの生じた、排水樋の排水管の取替えと、移動、回転を吸収するために、伸縮継手管 (MECジョイント) が設けられた。

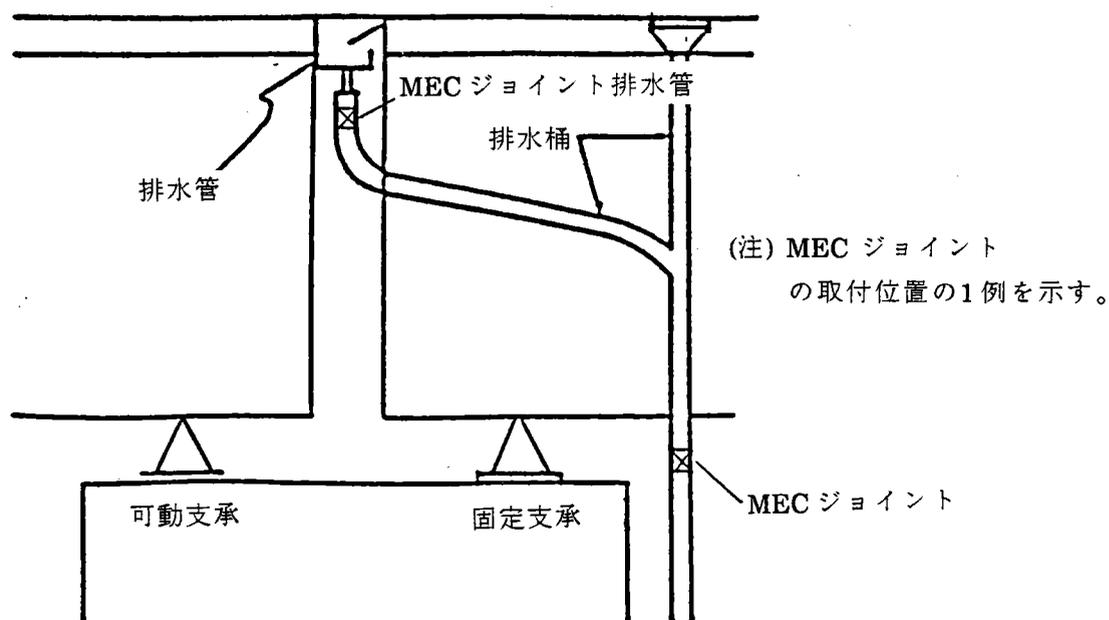


図-2 補修後排水管取付け状況

2) 新設時の対策例

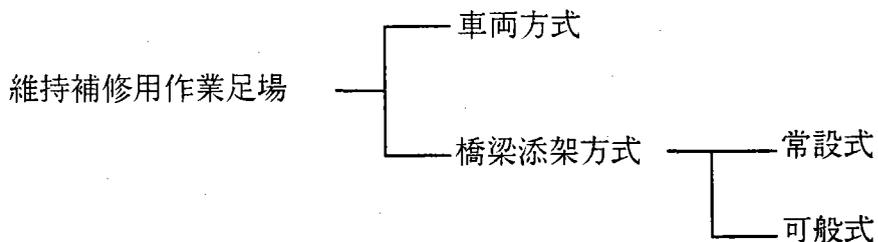
- ① 排水樋を固定側に取付け、相対移動のないようにする。
- ② 排水樋の排水管と桁の排水管を分離する。
- ③ 伸縮継手を非排水構造とする。
- ④ 道路土工排水工指針 (文献-2) 及び各公団、公社等の規準を参照。

[参考文献]

- 1) 阪神高速道路公団保全施設部、(財)阪神高速道路管理センター：
阪神高速道路における土木構造物補修事例集II、P101~102、昭和62年3月
- 2) (社)日本道路協会：道路土工排水工指針、昭和62年6月

(2) 資料-1 足場関係

橋梁の維持補修用の作業足場としては、次のように分類される。



代表的な足場の事例を以下に示す。

1-1 車両方式(足場装置を車両に組み込んだもの)

(1) 点検車

- | | |
|------------------|--------------|
| ① NBI-170 (110) | <エスイー産業株> |
| ② NLM-KIC I | <日本軽金属株> |
| ③ オーバーフェンスII | <株レンタルのニッケン> |
| ④ アンダーブリッジKU-070 | <西尾レントオール株> |

(2) 高所作業車

- | | |
|-----------|--------------|
| ① スカイマスター | <愛知車輛株> |
| ② ハイライダー | <株レンタルのニッケン> |
| ③ スカイトラック | <西尾レントオール株> |
| ④ リフトラ | <株レンタルのニッケン> |

(1) 点検車

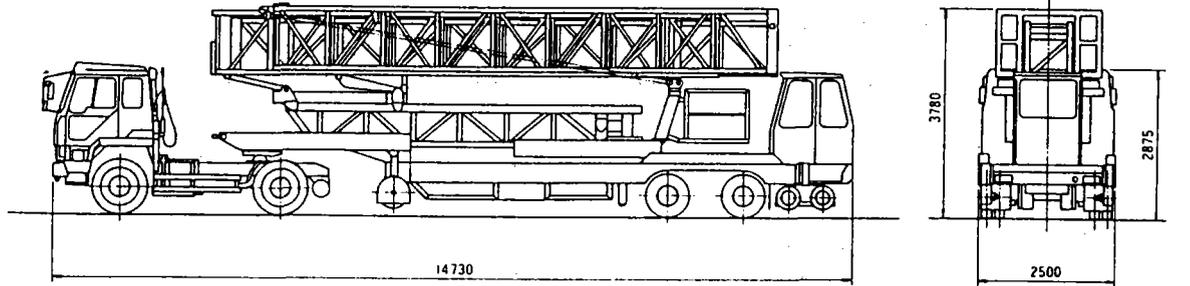
① NBI-170 (110)

標準仕様

、西独MOOG ENGINEERING社

エスイー産業(株)

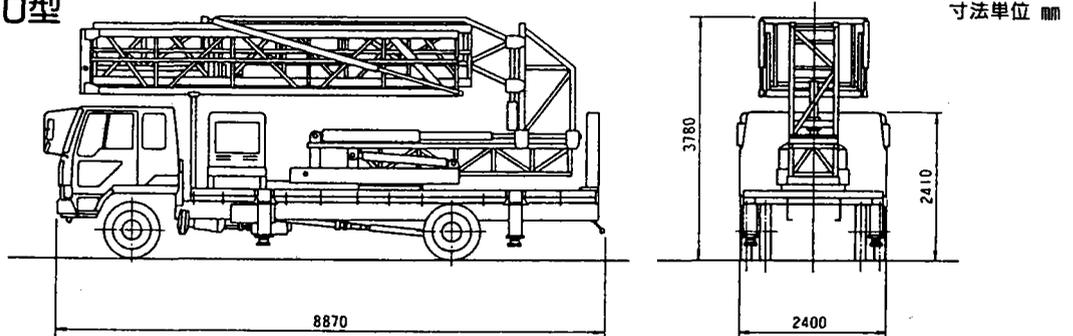
NBI-170型



■ 主な仕様

全 長	14.730mm	プラットフォーム全長	17.000mm
全 幅	2.500mm	" 全幅	2.100mm
全 高	3.780mm	" 積載許容荷重	500kg (搭乗定員7名)
総 重 量	25.750kg	電 源	110/220V、10kVA AC発電機
	(トレーラー19.520kg)	予備電源	100V、AC (プラットフォーム上)

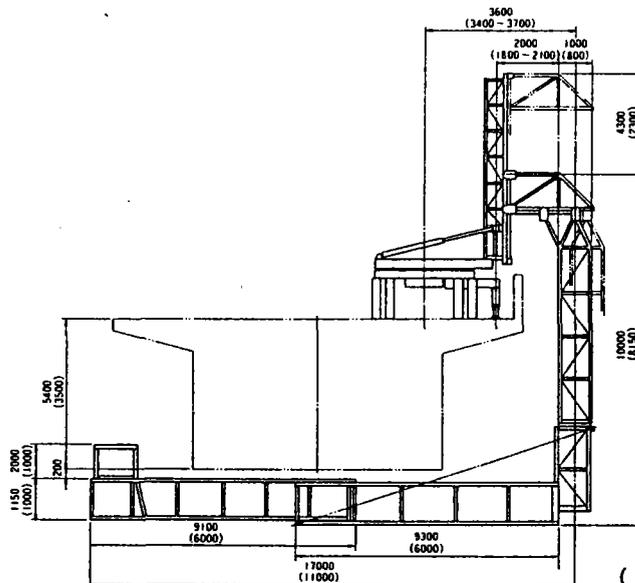
NBI-110型



■ 主な仕様

全 長	8.870mm	プラットフォーム全長	11.000mm
全 幅	2.400mm	" 全幅	1.400mm
全 高	3.780mm	" 積載許容荷重	500kg (搭載人員7名)
総 重 量	13.780kg	電 源	110/220V、10kVA AC発電機
		予備電源	100V、AC (プラットフォーム上)

作業範囲

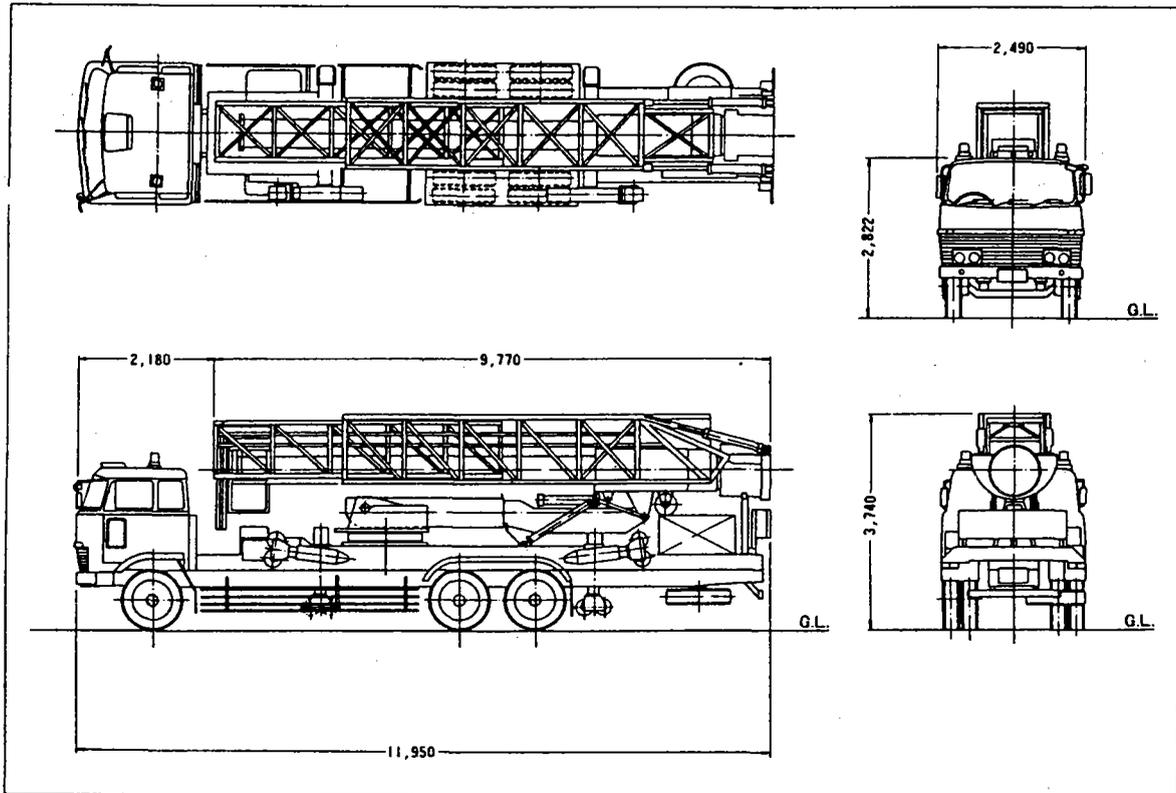
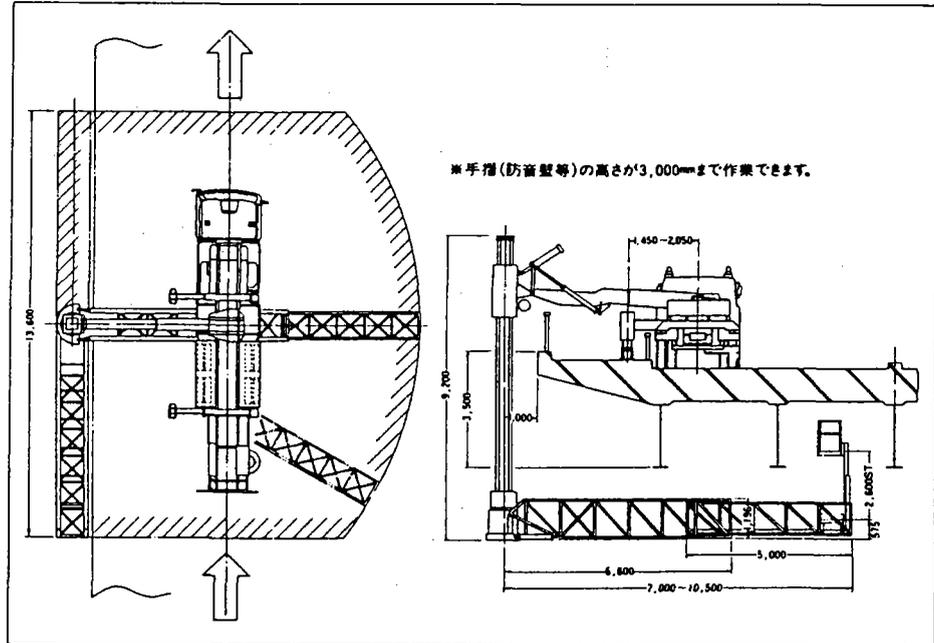


()内寸法は、NBI-110型を示します。

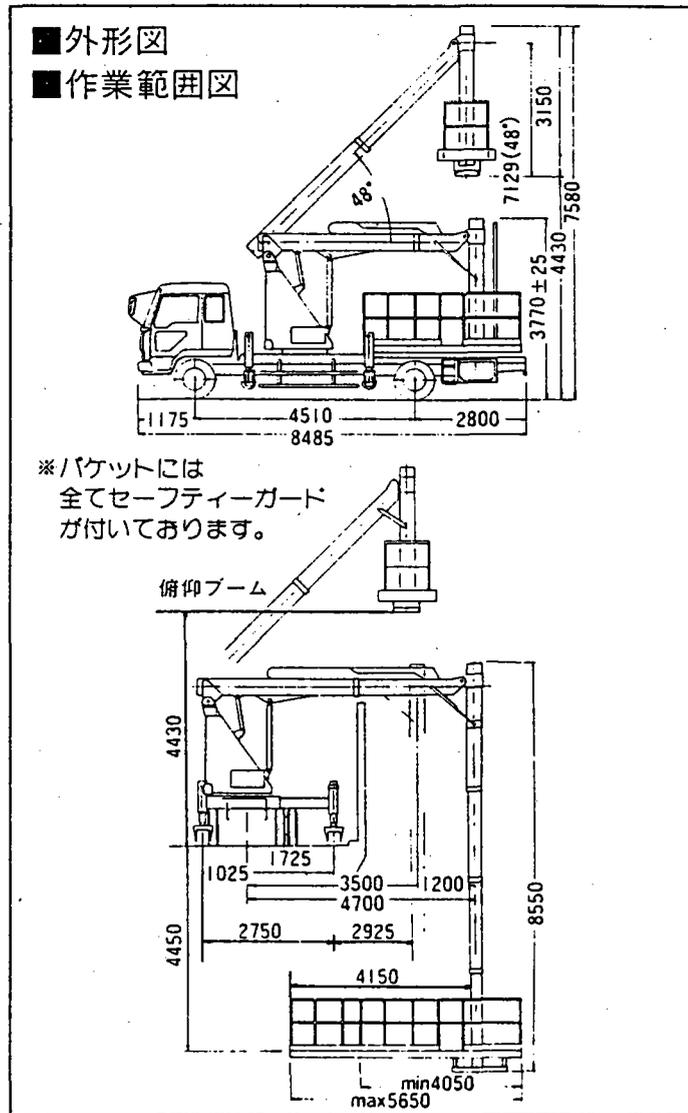
② NLM-KIC I

日本軽金属

作業範囲



③ オーバーフェンスII

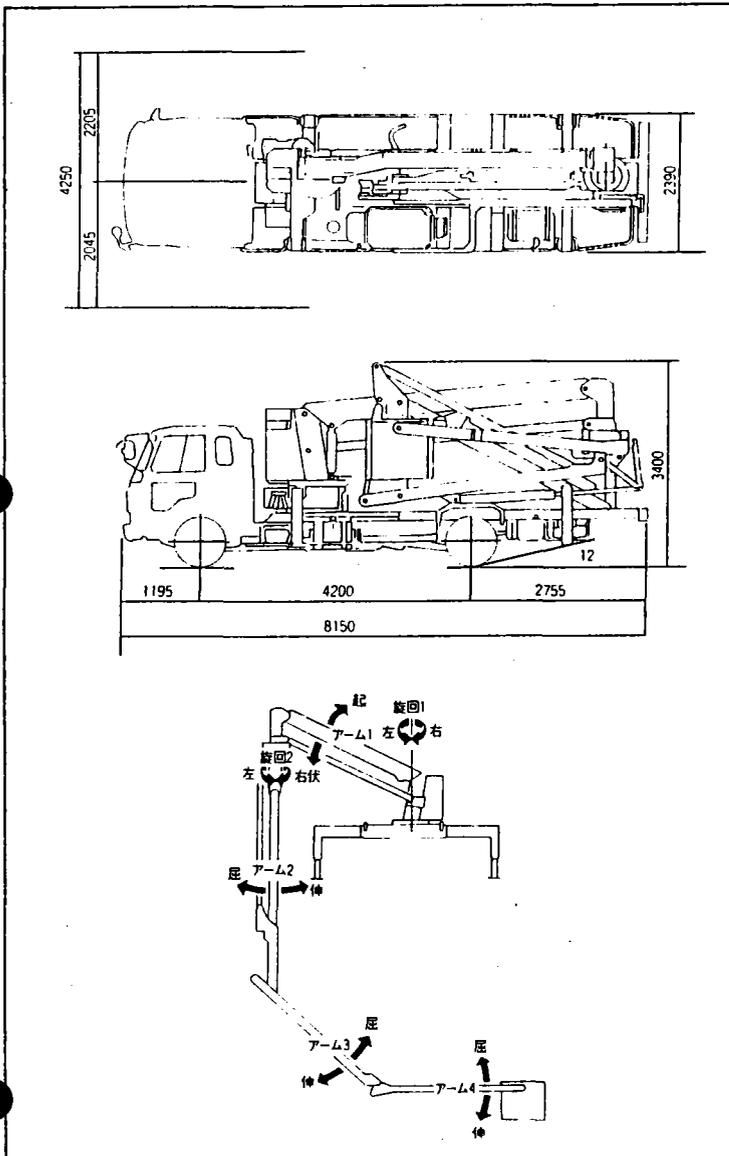


■仕様

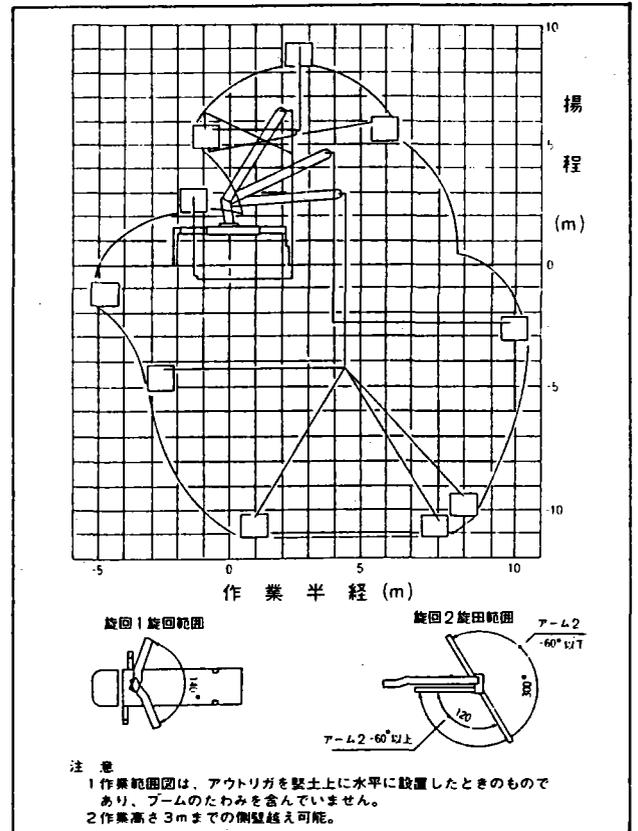
機	種	オーバーフェンスII型		俯仰ブーム上下	25~45秒/st
型	式	HMC-4700		俯仰ブーム伸縮	25~35秒/st
最大作業床高さ	GLより上(%)	4850	定格速度	俯仰ブーム旋回	25~35秒/110°
	GLより下(%)	4450		垂直ブーム伸縮	120~150秒/st
各部シリンダー スライド量	俯仰ブーム(%)	1200	登坂角度(°)	作業台旋回	15~25秒/180°
	垂直ブーム(%)	5400		総重量(kg)	約7810
	作業台(%)	1600	燃料種別	軽油(ガソリン)発電機	
俯仰角度(°)		48	燃料タンク容量(ℓ)	100	
旋回角度	ベース側(°)	110	燃料消費量(ℓ/H)	1.8	
	作業台側(°)	180	油圧オイルタンク容量(ℓ)	110	
最大乗り越し高(%)		4.3	発電機	燃料タンク容量(ℓ)	10
積載荷重(kg・人)		200kg又は2名		仕様	SE3800S
全体寸法(走行時長×幅×高・%)		8485×2450×3770	架装車体	P-FK515J	
作業台	長×幅×高(%)	4050×1200×1000			
	スライド(%)	1600			

④ アンダーブリッジ KU-070

主要寸法図 単位: %



作業範囲図



安全装置

- アウトリガ張り出しが最大でなければ作業は出来ません。
- モーメントリミッターが90%に達するとブザーが鳴り100%になると危険側のみ作動しません。
- 機体が前後左右3°以上傾斜した時は作動しません。

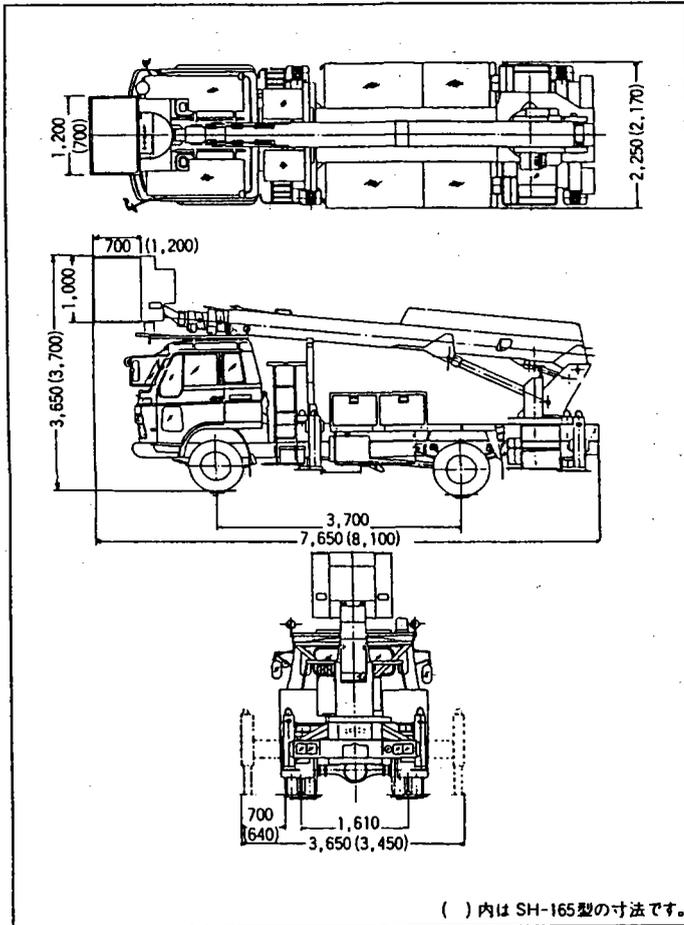
仕様

呼称	橋梁点検車	
メーカー	多田野/西尾	
型式	KU-070	
レンタル料金	150,000円/日	
作業可能高	8,500%	
積載荷重	150kg又は2人	
作業可能範囲 (旋回中心から)	深	10,000%
	前	7,000%
	後	9,000%
機体寸法	全長	8,150%
	全巾	2,380%
	全高	3,400%
アウトリガ張出巾	右	1,125%
	左	965%
車量総重量	7,950kg	
ホイールベース	4,200%	
架装シャーシ	4.5 ton車	

(2) 高所作業車

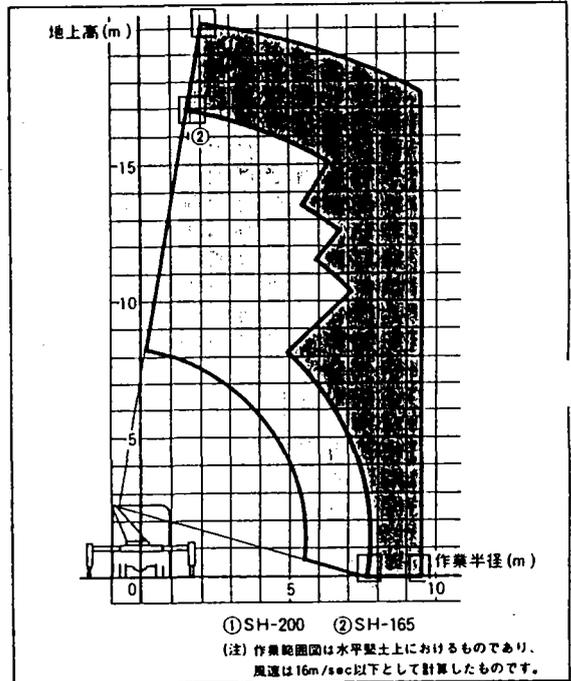
① スカイマスター

主要寸法図 単位: %



() 内は SH-165 型の寸法です。

作業範囲図

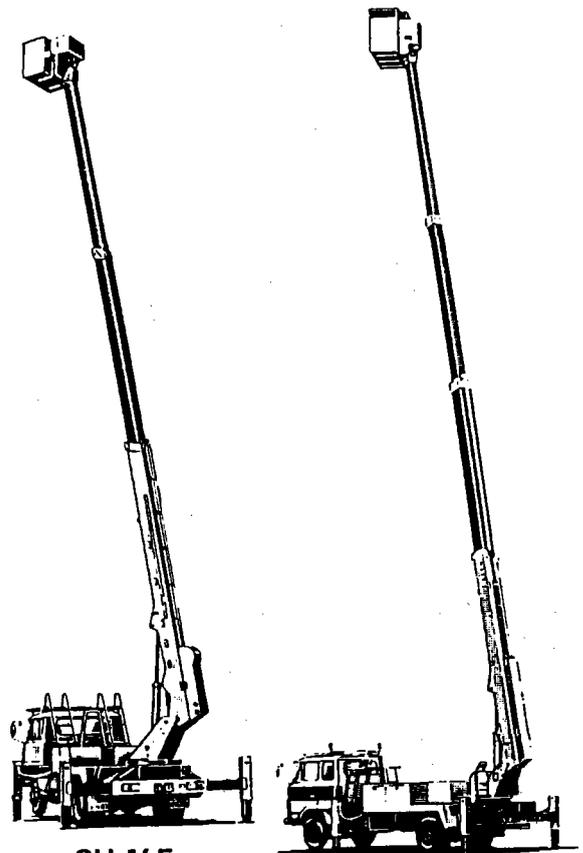


① SH-200 ② SH-165

(注) 作業範囲図は水平堅土上におけるものであり、風速は16m/sec以下として計算したものです。

仕様

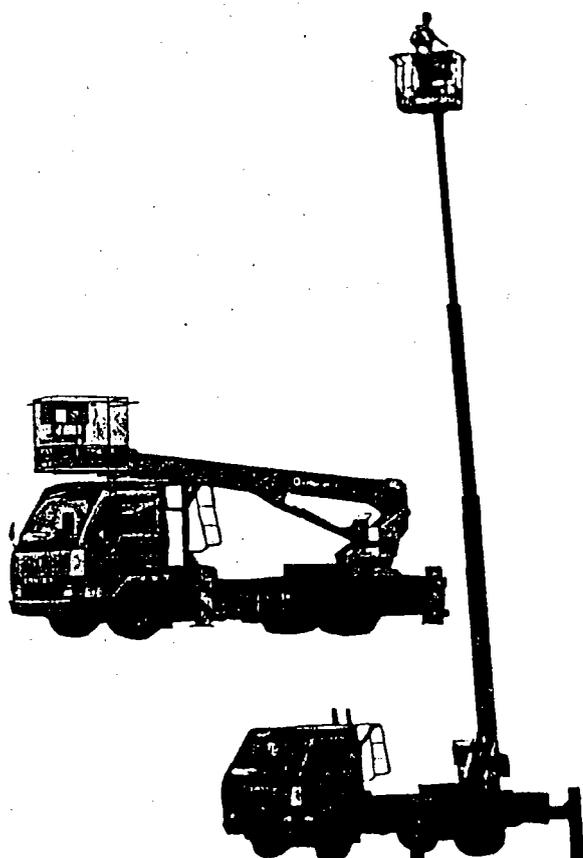
呼称	16.5m	20.0m	
メーカー	愛知車輛		
型式	SH-165	SH-200	
レンタル料金	48,000円/日	55,000円/日	
作業可能高	18,500%	22,000%	
作業台高	16,500%	20,000%	
積載荷重	200kg又は2人	250kg又は2人	
機体寸法	全長	8,100%	7,650%
	全巾	2,170%	2,250%
	全高	3,700%	3,650%
作業台(バケット)寸法	全長	1,200%	700%
	全巾	700%	1,200%
	手前高	1,000%	
作業台(バケット)昇降速度	上昇	50sec/str	60sec/str
	下降	50sec/str	60sec/str
アウトリガー突出巾	全巾	3,450%	3,650%
	片側	640%	700%
車体総重量	7,165kg	7,685kg	
ホイールベース	3,700%		
トレッド	前	1,700%	
	後	1,610%	
架装シャーシ	4.5ton車		



SH-165

SH-200

② ハイライダー (その1)

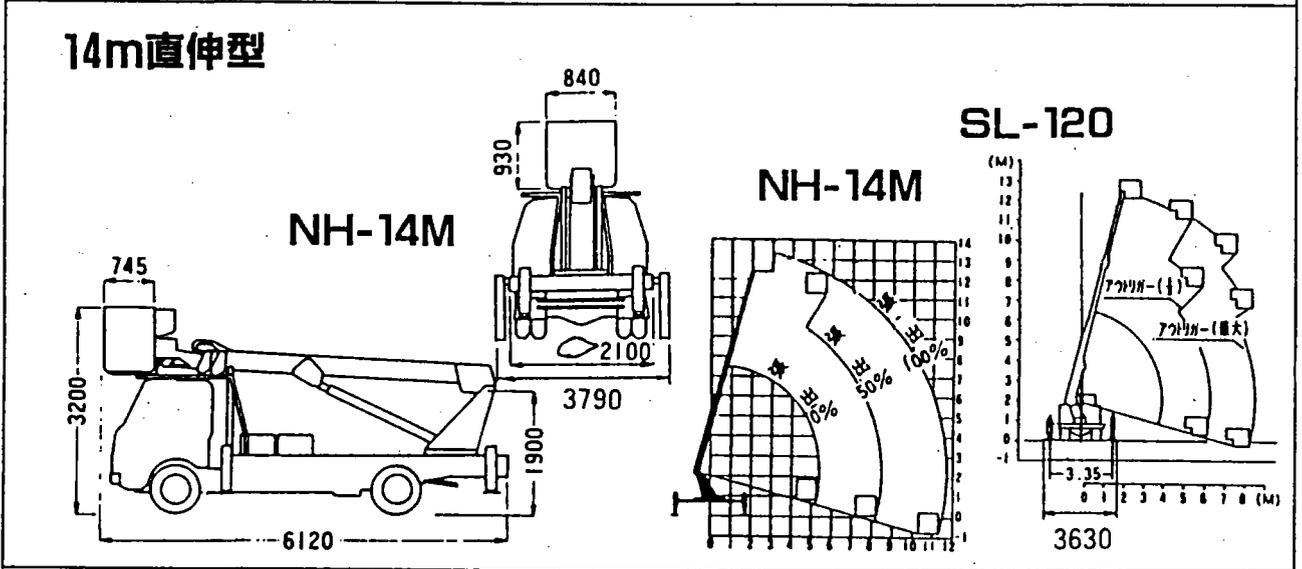
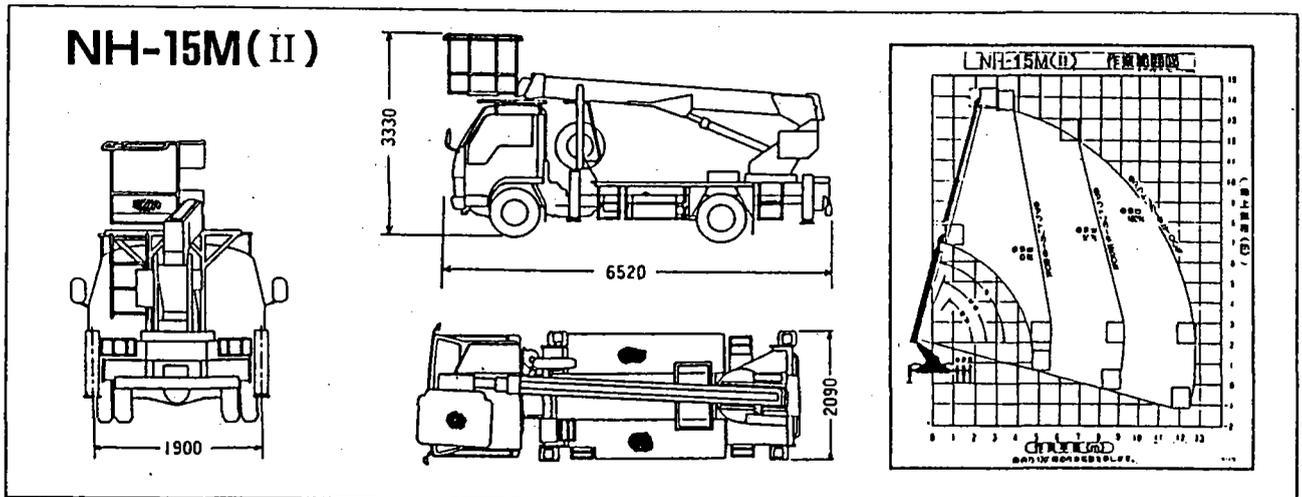


- トラック架装型ですので普通免許があれば現場までの移動が行えます。
 - 一ヶ所に設置することにより、上記作業範囲の通り広い作業範囲を確保できます。
 - 本体のレバーでアウトリガーをセットしたあとは、バケットに乗ったままブームの起伏・屈伸・旋回の操作ができます。
 - 作業の安全を確保するため、アウトリガーをセットしないとブームが作動しないインターロックを採用しています。
- ※NH-15M(II)型には、市街地・夜間工事に最適な防音型も用意しております。

■仕様

機種	ハイライダー						
型式	NH-12M	NH-14M	SL-120(ラダー式)	NH-14T	NH-15M(II)	SH-165	
最大作業高(伸長時・m)	12.7	14.0	14.0	14.0	17.0	18.0	
最高作業台高(床面・m)	10.9	12.2	12.0	12.0	13.5	16.5	
作業台寸法(長×幅×高・%)	500×1000×760	750×840×930	1000×600×900	1000×600×1000	1000×800×1000	700×1200×1000	
全体寸法(長×幅×高・%)	6450×1800×3200	6120×2100×3200	5700×1690×3200	6790×1900×2950	6520×2090×3330	8050×2150×3700	
アウトリガー張出し幅(センター位置・%)	3550	3780	3630	3505	3790	3840	
作業台	上昇時間(秒)	74	40	70	50	60	
	下降時間(秒)	45	40	50	70	100	
旋回角度(度)	360	360	360	360	360	360	
積載荷重(kg)	2名又は150	2名又は200	2名又は200	2名又は200	2名又は200	2名又は200	
燃料種別	軽油	軽油	軽油	軽油	軽油	軽油	
燃料タンク容量(ℓ)	80	100	100	70	100	100	
燃料消費量(ℓ/H)	2.0	1.3	2.0	2.0	2.0	3.0	
自重(kg)	4500	5800	—	6000	6020	7315	
架装シャーシ	FE111B(2t)	P-FGH40, BU85	SL120(2.5t)	T210C(2t)	PFE434EVHZS	FK102(4t)	

② ハイライダー (その2)

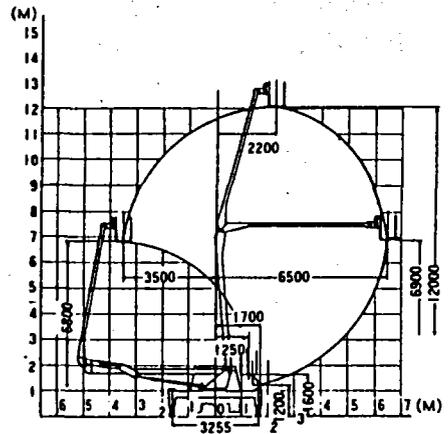
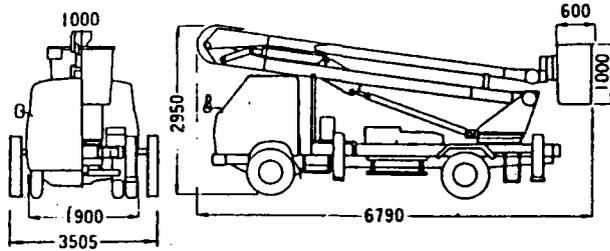


■仕様

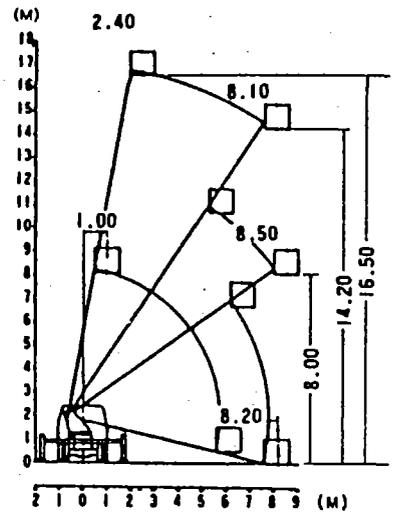
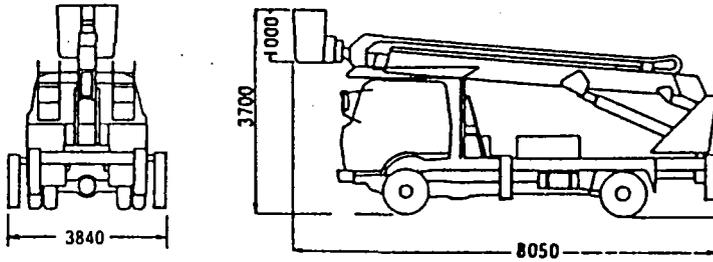
機 種		ハイライダー					
型 式		AT-185CG	SH-200	NH-22M	AT-230CG	SK-240	NH-26
最大作業高(伸長時・m)		20.0	22.0	22.0	24.8	26.0	26.0
最高作業台高(床面・m)		18.5	20.0	20.2	23.0	24.0	24.2
作業台寸法(長×幅×高%)		1200×700×900	1200×700×1000	1200×700×1000	1200×700×950	1200×700×900	1200×700×1000
全体寸法(長×幅×高%)		6620×1990×3100	7650×2250×3650	7850×2200×3700	7795×2200×3520	8350×2200×3300	8400×2200×3590
アウトリガー張出し幅(%)		3690	3840	3850	4450	1980~4200	1980~4200
作業台	上昇時間(秒)	35	50	60	110	50	60
	下降時間(秒)	35	40	70	110	40	70
旋 回 角 度 (度)		360°連続	360	360	360°連続	360°連続	360°連続
積 載 荷 重 (kg)		2名又は200	2名又は200	2名又は200	2名又は200	2名又は200	2名又は200
燃 料 種 別		軽油	軽油	軽油	軽油	軽油	軽油
燃料タンク容量 (ℓ)		85	100	100	85	100	100
燃 料 消 費 量 (ℓ/H)		—	3.0	2.3	—	—	—
自 重 (kg)		6465	7650	7800	7950	7885	7830
架 装 シ ャ ー シ		いすゞKS22	KSK115F(4I)	CM87E,FK415F	三菱 FK415	P-FK415F改	P-CM87E

② ハイライダー (その3)

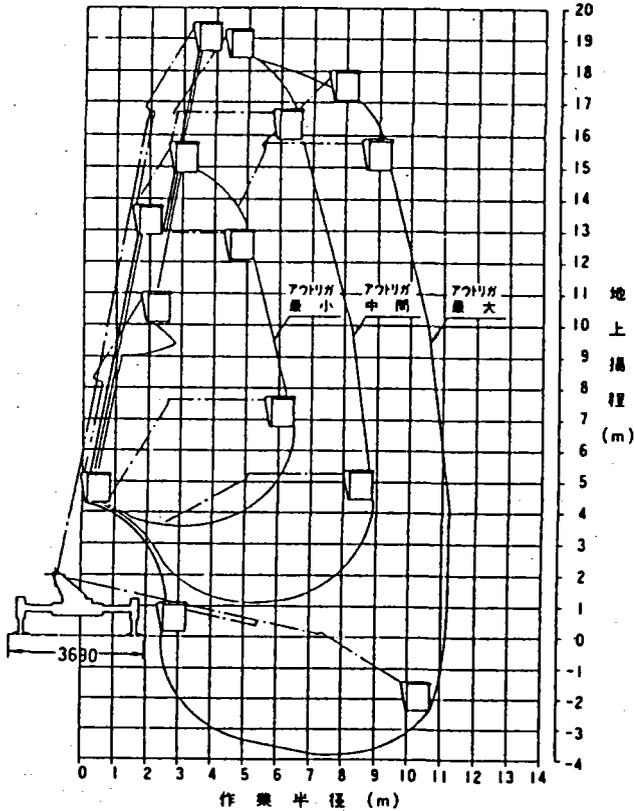
14m屈伸型 NH-14T



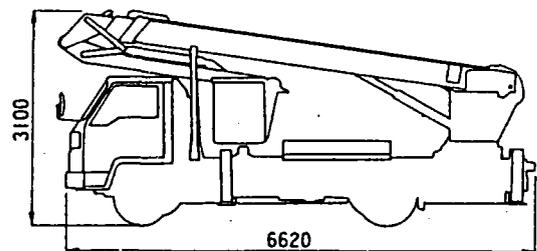
18m直伸型 SH-165



横載荷重200kg



20m直伸型
AT-185CG

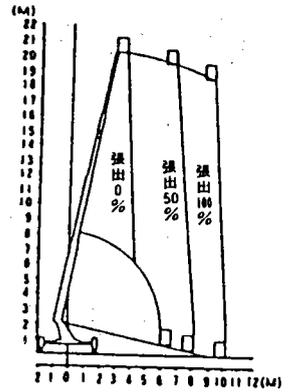
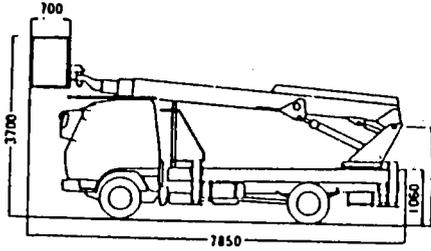
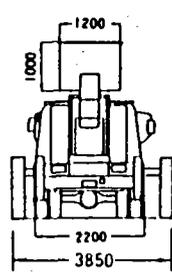


② ハイライダー (その4)

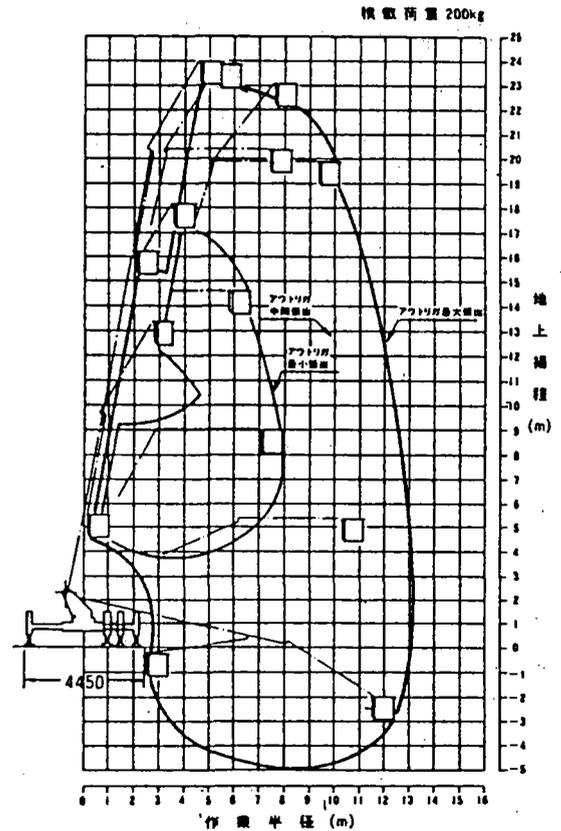
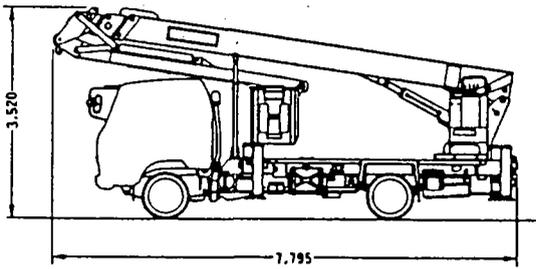
■外形図 ■作業範囲図

31.8mまでの作業高さのあらゆる用途に適する高所作業車。

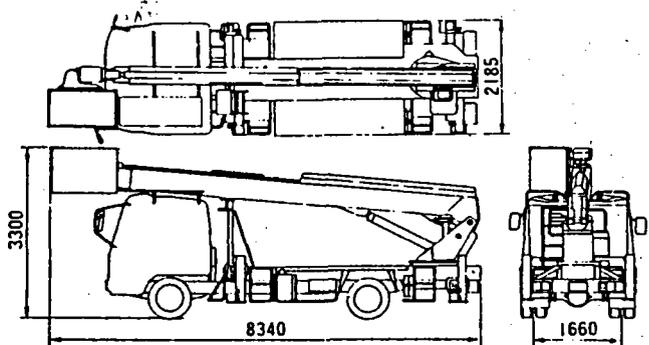
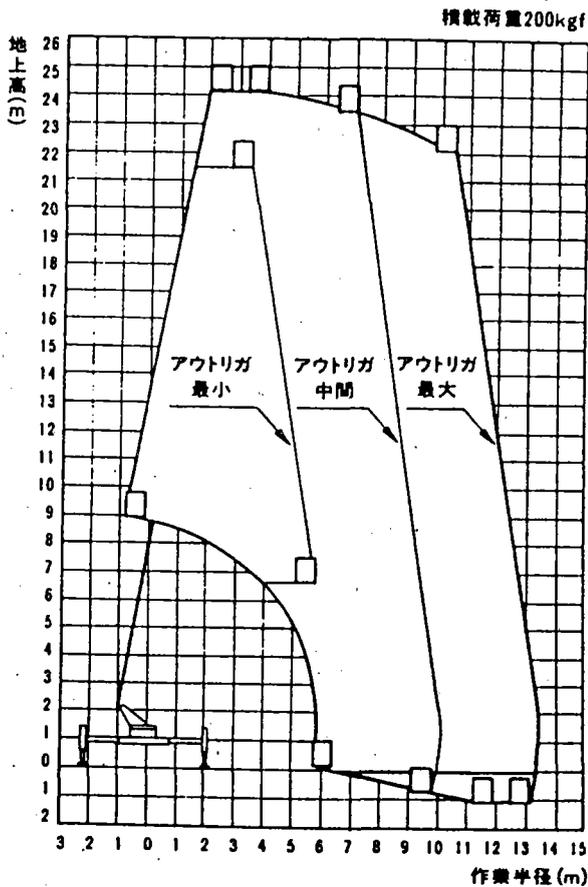
22m直伸型
NH-22M



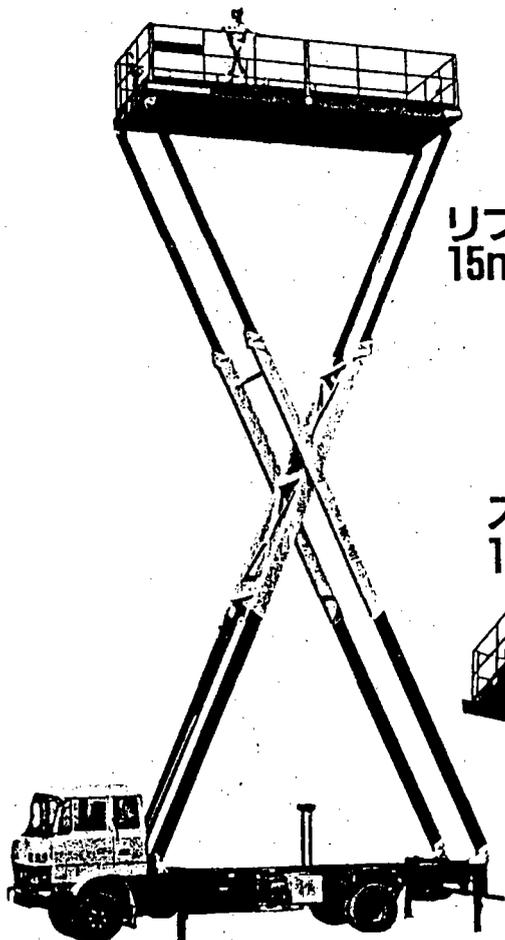
25m直伸型 AT-230CG



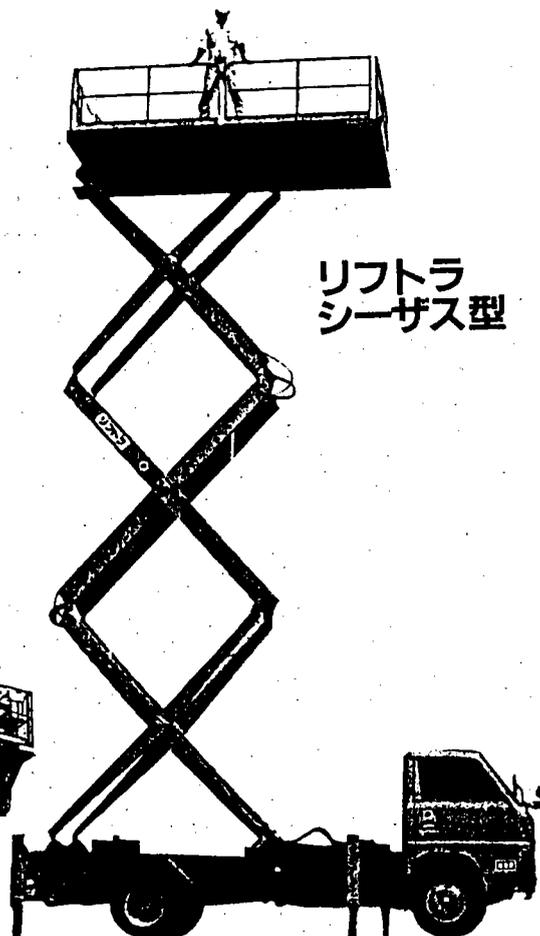
26m直伸型 SK-240/NH-26



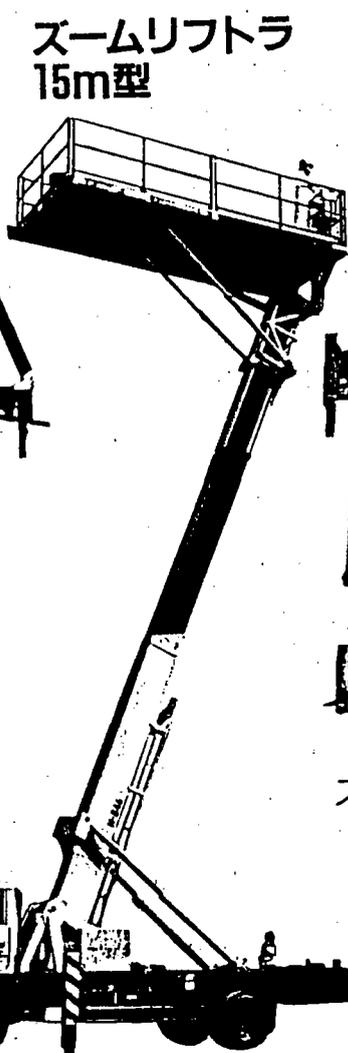
④ リフトラ(その1)



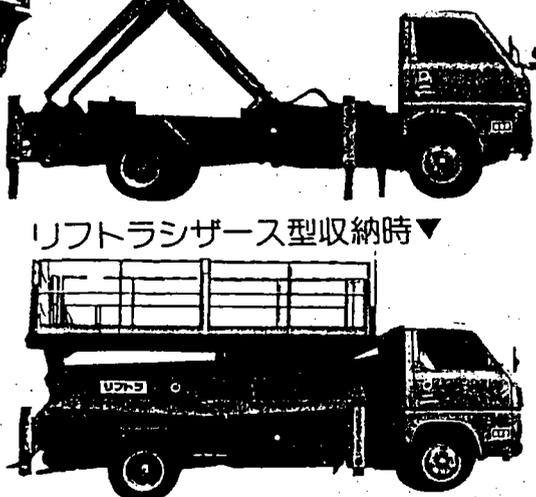
リフトラ
15mX型



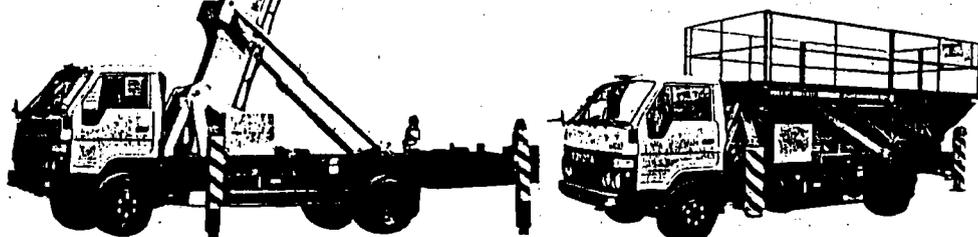
リフトラ
シーザース型



ズームリフトラ
15m型



リフトラシーザース型収納時▼



ズームリフトラ15m型収納時▼

④ リフトラ(その2)

リフトラ
11mX型
15mX型

■仕様

機種		リフトラ11mX型		リフトラ15mX型	
型式		NX-11T		NX-15T	
最大作業高さ (伸長時・m)		11		15	
作業台高さ (床面・m)	最高	9.2		13.2	
	最低	1.5		1.56	
作業台寸法 (長×幅×高・%)		4200×2100×1000		5660×2160×1000	
全体寸法 (長×幅×高・%)		6300×2100×2500		7970×2160×2560	
作業台	上昇時間 (秒)	80		90	
	下降時間 (秒)	60		100	
積載荷重 (kg)		1000		700	
燃料種別		軽油		軽油	
燃料タンク容量 (ℓ)		100		100	
燃料消費量 (ℓ/H)		2.3		3.2	
自重 (kg)		5500		7800	
架装シャーシ		PFGH40 (3t)		FK115J (4t)	

ズーム
リフトラ
15m型

■仕様

型式		NZ-15T		NZ-15T (AT-132ZG)	
最大作業高さ (伸長時・m)		15		15	
作業台高さ (床面・m)	最高	13.2		13.2	
	最低	2.0		1.75	
作業台寸法 (長×幅×高・%)		5000×2100×1030		4750×2100×990	
全体寸法 (長×幅×高・%)		7150×2100×3030		7150×2100×2765	
作業台	上昇時間 (秒)	67		52	
	下降時間 (秒)	45		30	
積載荷重 (kg)		1000		←	
燃料種別		軽油		←	
燃料タンク容量 (ℓ)		100		←	
燃料消費量 (ℓ/H)		3.0		←	
自重 (kg)		7500		7865 (重員3名、積載300可)	
架装シャーシ		トヨタPWU-95 3.5t		トヨタP-WV95	

リフトラ
シザース型

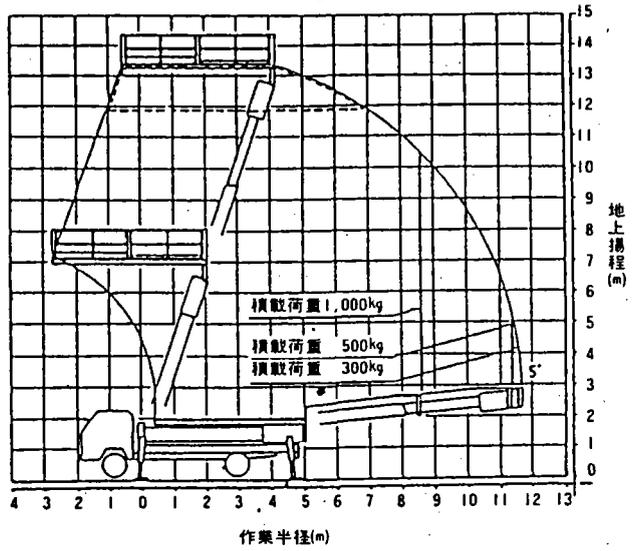
■仕様

機種		リフトラ11mH型	
型式		NLT-13H型(1000kg)	
最大作業高さ (伸長時・m)		11.0	
作業台高さ (床面・m)	最高	9.27	
	最低	1.9	
作業台寸法 (長×幅×高・%)		3800×1900×1000	
全体寸法 (長×幅×高・%)		5700×1900×2900	
作業台	上昇時間 (秒)	70	
	下降時間 (秒)	70	
積載荷重 (kg)		1000	
燃料種別		軽油	
燃料タンク容量 (ℓ)		70	
燃料消費量 (ℓ/H)		6.5	
自重 (kg)		4950	
架装シャーシ		FE111EZ (3t)	

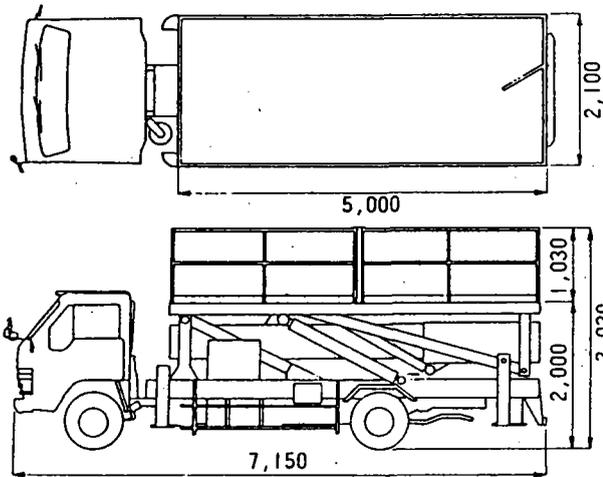
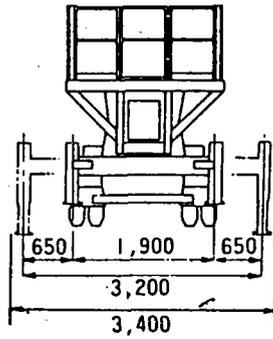
④ リフトラ(その3)

ズームリフトラ15m型

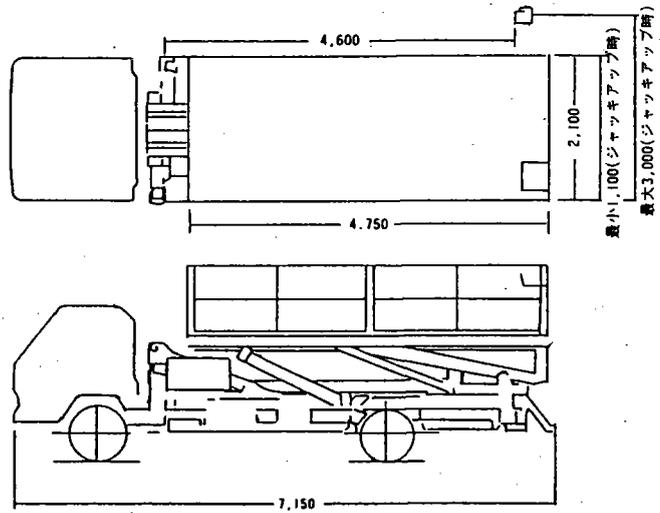
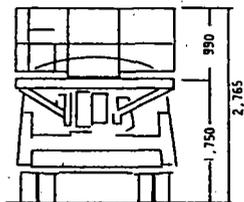
■作業範囲図
NZ-15T
(AT-132ZG)



■外形図
NZ-15T



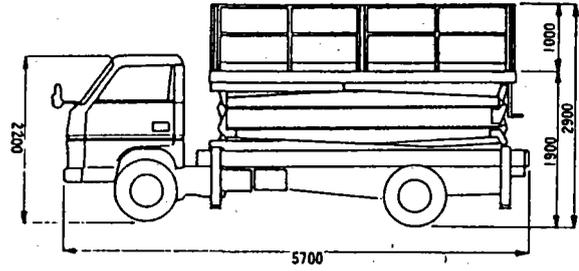
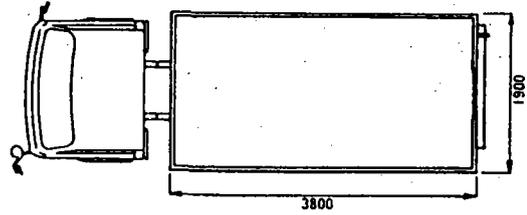
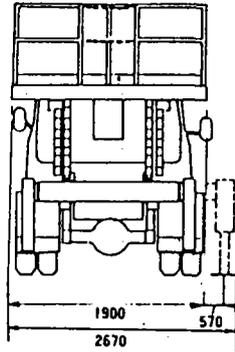
NZ-15T
(AT-132ZG)



④ リフトラ(その4)

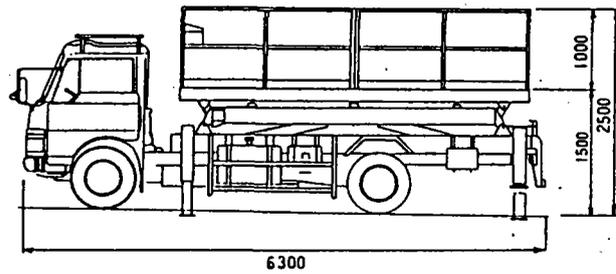
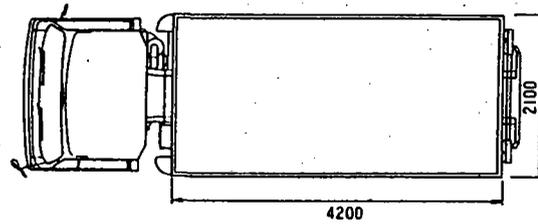
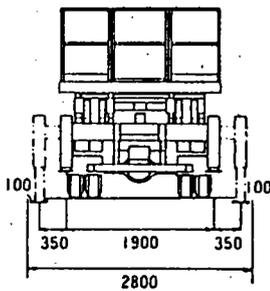
■外形図

リフトラシザース型
NLT-13H型(1000kg)

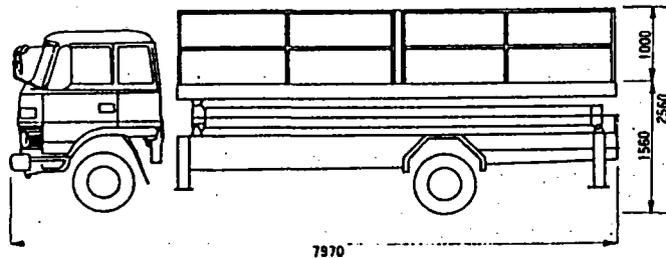
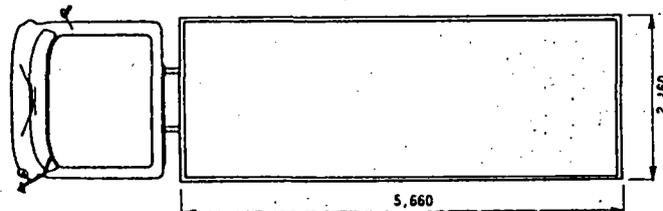
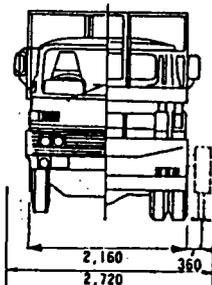


■外形図

リフトラX型
11mX型



15mX型



1-2 橋梁添架方式(移動用足場装置を橋梁に添架したもの)

(1) 常設式

わが国の橋梁で、現在移動足場を設置している実績があるものの中から特徴的なものを挙げる。

- ① 箱桁橋 .. 沼尾川橋
- ② トラス橋 .. 片品川橋
- ③ アーチ橋 .. 大三島橋
- ④ 斜張橋 .. 大和川橋
- ⑤ 吊橋 .. 北(南)備讃瀬戸大橋

参考文献「土木学会：鋼橋の維持管理のための設備」

(2) 可搬式

点検補修を必要とする箇所に随時取付けることができるもので、徐々に実用化されつつあり、今後の開発に期待がかけられている。

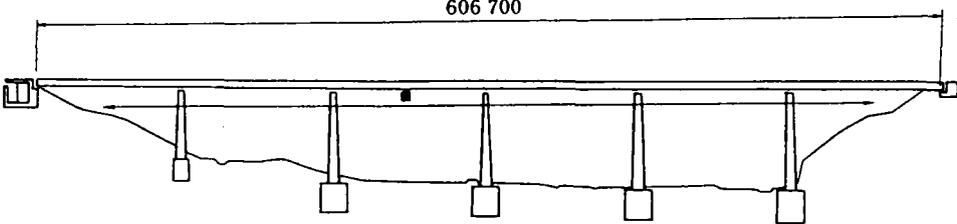
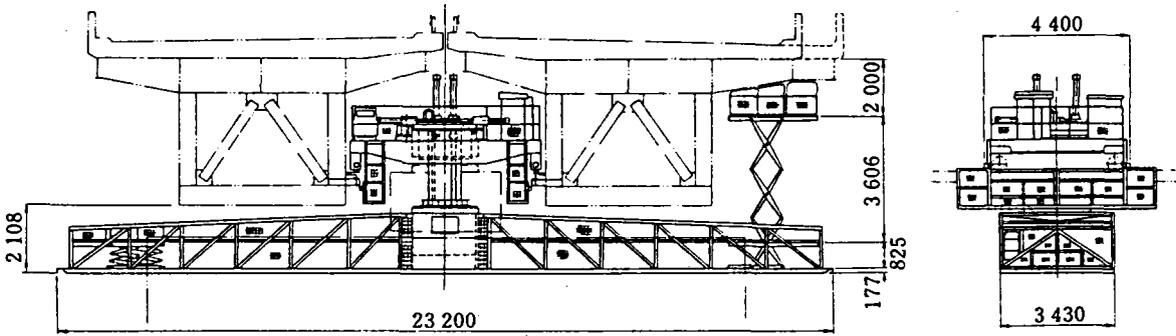
① 懸垂式可搬作業車

現在、本方式による作業車の試験等が建設省関東地方建設局で行われている。

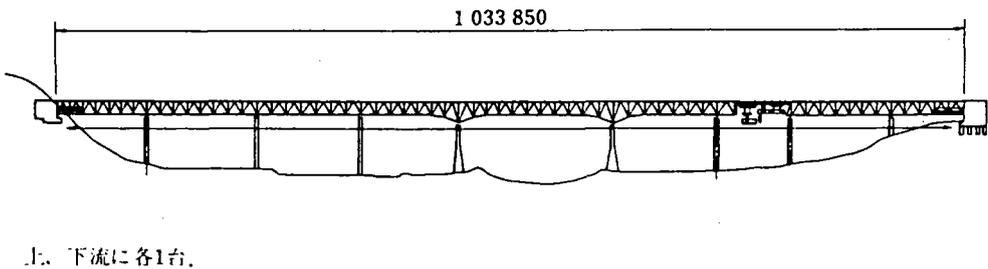
参考文献「土木学会：鋼橋の維持管理のための設備」

② ラックレール式移動吊足場

(1) 常設式
① 箱桁橋

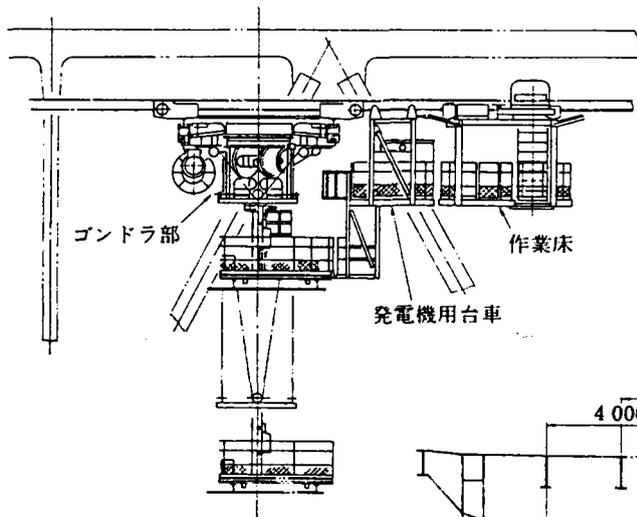
橋名	沼尾川橋	施主	日本道路公団
橋の形式	5径間連続箱橋	架橋地点	谷
作業車の設置年	1984	作業車設置対象径間数	6
設置台数	 <p>全径間に1台。</p>		
作業車の床寸法	上部作業台: 5.73×4m 下部作業台: 3.43×23m 側部作業台: (0.65×6m)×2 リフター: (1.5×2.7m)×2	動力源と駆動方式	ディーゼル発電機 ↓ 電動機 油圧装置 (昇降, 旋回) ↓ 車輪駆動 (4点吊り, 1車輪/点)
自重	29t	作業車の構造形式	トラス
積載量 (定員)	750kg (10人)		
作業車の設計活荷重	主桁: 75kg/m ² 床組: 150kg/m ²	作業車の使用材質	SS41
走行速度	3, 6, 30m/分		
設計基準	労働安全衛生規則 クレーン等安全規則 クレーン等構造規格 道路橋示方書		
<p>作業台が橋脚上で昇降, 90度旋回する。</p> 			

② トラス橋

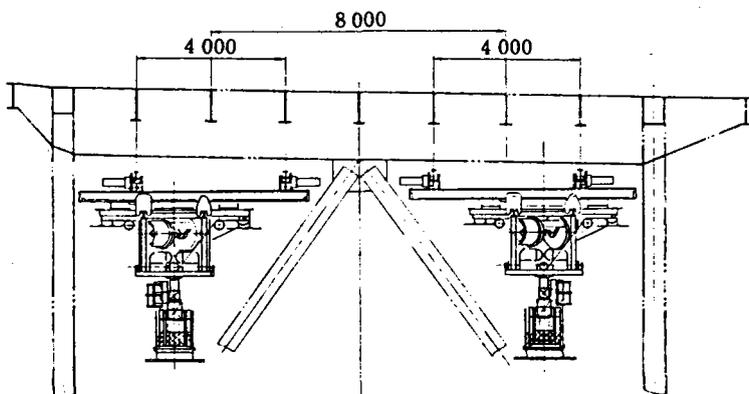
橋名	片品川橋	施主	日本道路公団
橋の形式	3径間連続トラス3連	架橋地点	谷
作業車の設置年	1985	作業車設置対象径間数	9
設置台数	 <p>上, 下流に各1台.</p>		
作業車の床寸法	ゴンドラ部: 1×3m 作業床部 上部: 2.5×3.5m 下部: 3.5×4.8m	動力源と駆動方式	ディーゼル発電機 ↓ 電動機 ↓ 車輪駆動 (4点吊り, 2車輪/点)
自重	33t/台		
積載量(定員)	1200kg (6人)		
作業車の設計活荷重	分布荷重: 150kg/m ²	作業車の構造形式	トラス
走行速度	6, 30m/分	作業車の使用材質	SS41(亜鉛メッキ) 一部アルミ合金
設計基準	ゴンドラ構造規格		

昇降, 横行および旋回機能をもつゴンドラ部が発電機用台車, 作業床を連行あるいは分離走行する。作業床は手動で単独走行が可能。

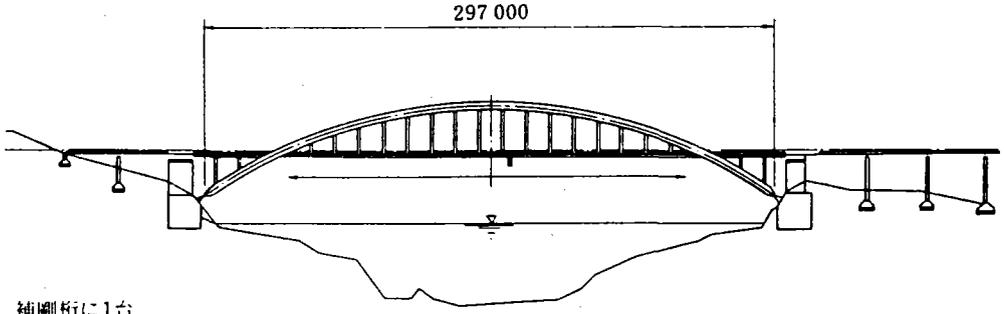
側面



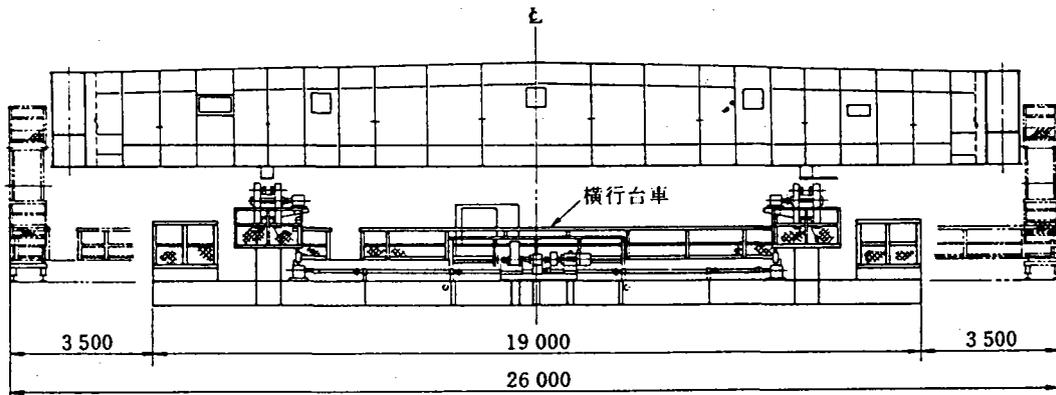
正面



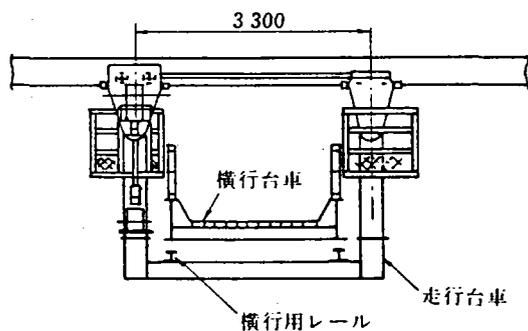
③ アーチ橋

橋名	大三島橋	施主	本州四国連絡橋公団
橋の形式	アーチ橋	架橋地点	海上
作業車の設置年	1979	作業車設置対象径間数	1
設置台数	 <p>297 000</p> <p>補剛桁に1台.</p>		
作業車の床寸法	横行台車: 2.3×12m 昇降台: 0.9×1.5m	動力源と駆動方式	商用電源 (絶縁トロリ) ↓ 電動機 ↓ 車輪駆動 (4点吊り, 4車輪/点)
自重	10t		
積載量 (定員)	横行台車: 870kg	作業車の構造形式	プレートガーダ
作業車の設計活荷重	分布荷重: 50kg/m ² 集中荷重: 500kg	作業車の使用材質	走行台車: SS41 横行台車: アルミ合金
走行速度	15m/分		
設計基準	クレーン等構造規格 ゴンドラ構造規格 アルミニウム合金製橋梁検査車構造設計・製作指針案 点検補修用作業車構造基準(案)		

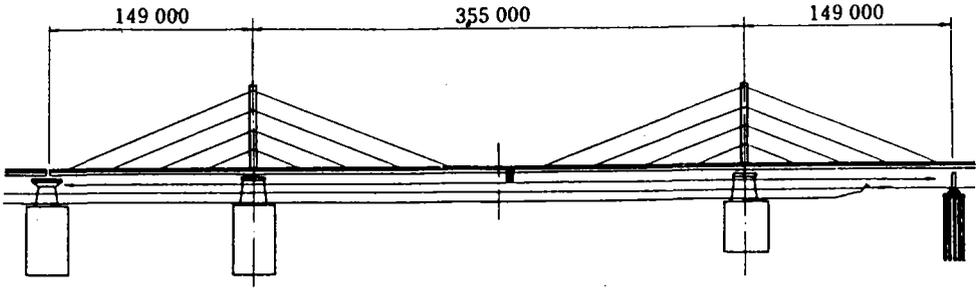
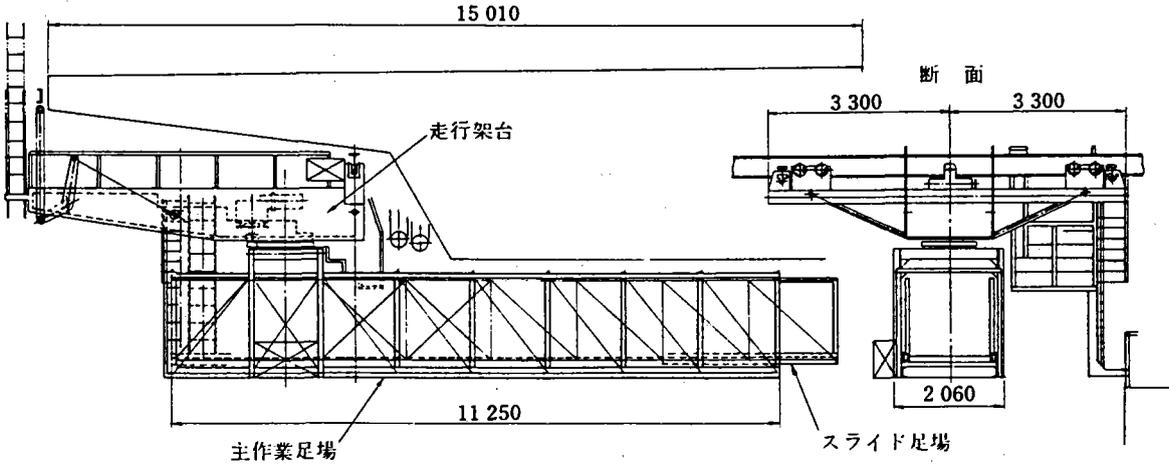
横行台車が作業台になっており、走行台車上のレール上で2軸4輪で走行する。
横行台車の両端に昇降装置付き。



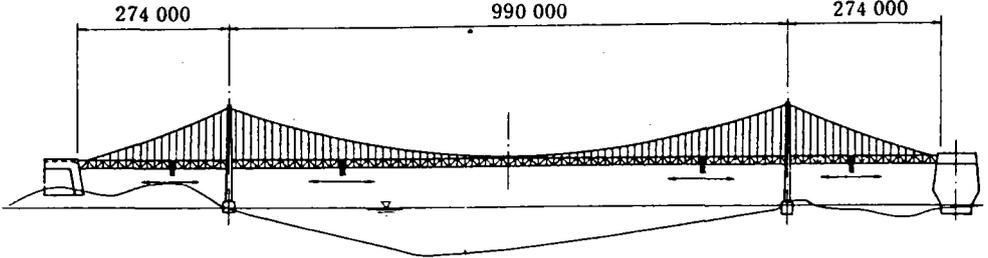
断面

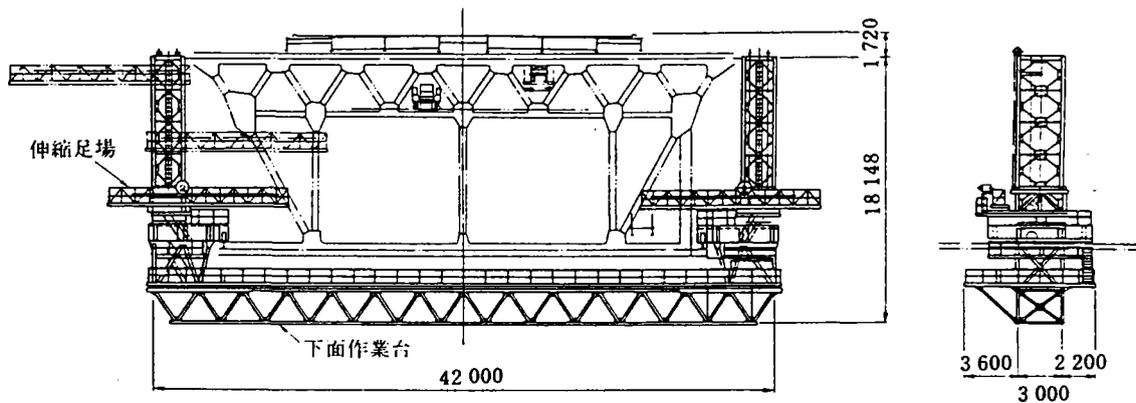


④ 斜張橋

橋名	大和川橋	施主	阪神高速道路公団
橋の形式	3径間連続斜張橋	架橋地点	河川上
作業車の設置年	1982	作業車設置対象径間数	3
設置台数	 <p>上, 下流に各1台。</p>		
作業車の床寸法	主作業足場+スライド足場; 1.5×12.3m 走行架台; 3.5×5.5m	動力源と駆動方式	ディーゼル発電機 ↓ 電動機 ↓ 車輪駆動 (3点吊り, 2車輪/点)
自重	13.7t/台		
積載量(定員)	1050kg (5人)		
作業車の設計活荷重	通常時は800kg相当の分布荷重, 架台摺動時は先端300kgの集中荷重と500kg相当の分布荷重	作業車の構造形式	トラス
走行速度	10m/分	作業車の使用材質	SS41
設計基準	クレーン等構造規格		
<p>走行架台が主作業足場を片持支持、幅員拡幅部に対応するため足場先端がスライドする。橋脚上で足場が90度旋回する。</p> 			

⑤ 吊橋

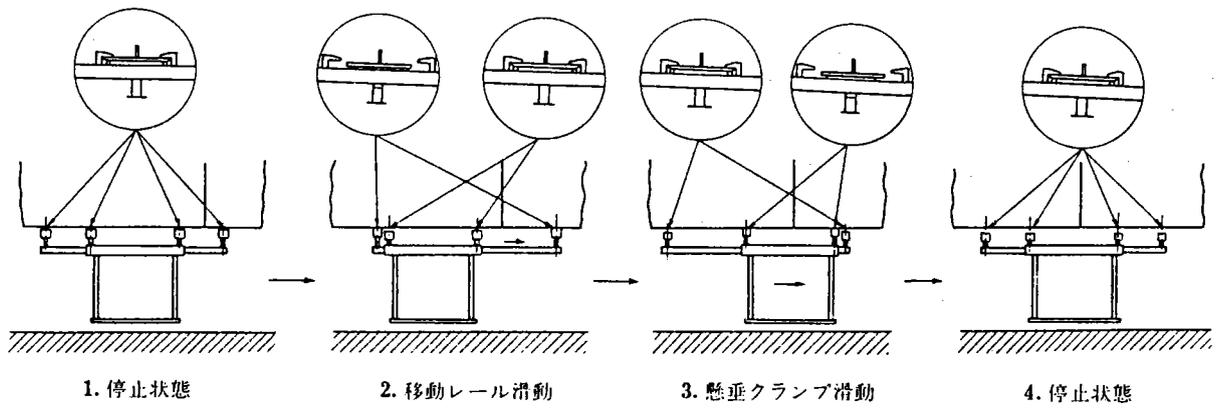
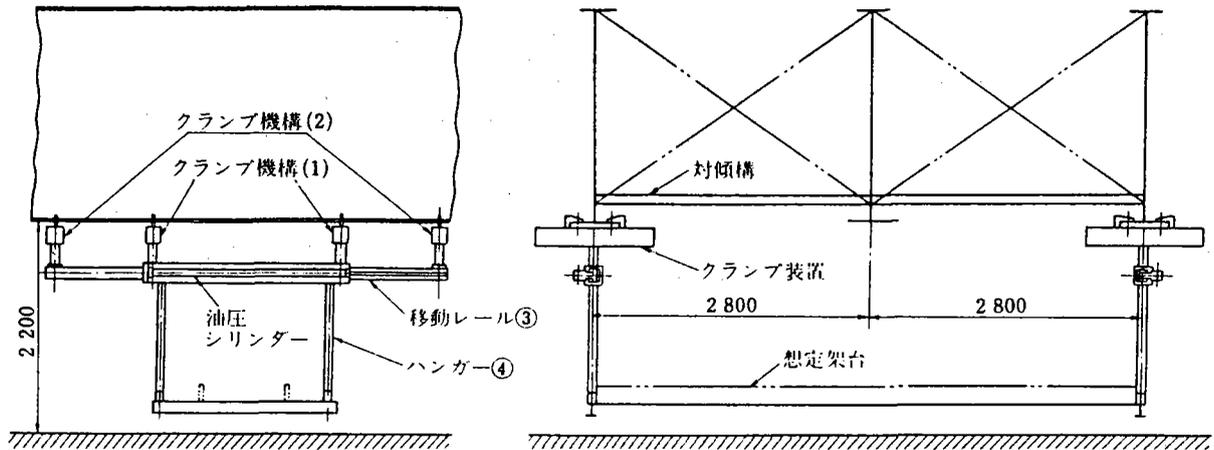
橋名	北備讃瀬戸大橋および南備讃瀬戸大橋	施主	本州四国連絡橋公団
橋の形式	3径間連続吊橋	架橋地点	海上
作業車の設置年	施工中	作業車設置対象径間数	3
設置台数	 <p>下面作業車を中央径間に2台、側径間に各1台、内面作業車も同じ配置</p>		
外面作業車の床寸法	下面作業台 中央径間：6×42.8m 側径間：6×46m 伸縮足場：(0.8×12m)×2	動力源と駆動方式	商用電源 ↓ (絶縁トオリ) 電動機 ↓ 車輪駆動 (中央径間：4点支持、 1車輪/点 側径間：4点吊り、 4車輪/点)
自重	中央径間部台車：64t/台 側径間部台車：66.5t/台		
積載量(定員)	下面作業台：1750kg(10人) 伸縮足場：325kg(3人)		
作業車の設計活荷重	下面作業台：1750kg 伸縮足場：150kg/m ²	作業車の構造形式	トラス
走行速度	0～30m/分(連続可変式)	作業車の使用材質	アルミ合金
設計基準	フレーン等構造規格 ゴンドラ構造規格 アルミニウム合金製橋梁検査車構造設計・製作指針案 点検補修用作業車構造基準(案)		



図は北備讃瀬戸大橋の中央径間設置の作業車を示す。

(2) 可搬式

① 懸垂式可搬作業車



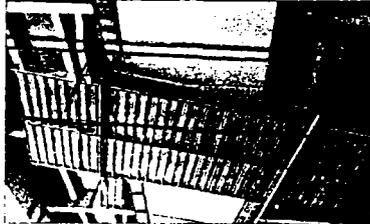
② ラックレール式移動吊足場

特 徴

■ 資材量は従来の約1/3、架設・撤去人日は約1/3と低コストを実現。

■ すべての作業は、地上または架設した足場に取り付けた作業台で出来るので、まったく安全です。

■ 旋回移動も出来るので塗り残しなし、作業床を横移動させることも可能です。



■ 横断歩道橋(陸橋)の作業では、わずらわしい交通規制も不要。

■ 交通信号の場所では、作業台の“手招り”を倒すことにより、信号を隠すことなくスムーズに仕事が進められます。



組立て手順

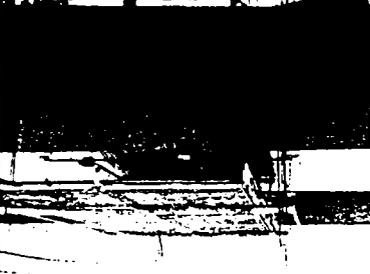
1 特殊トラスフレームと鋼製布板を組み合わせ、作業床を地上で組み立てる(構造物上部けたに移動床を取り付けるための走行レール駆動車等を積んでおく)。



2 構造物の主けたに、チェンブロック等で吊り上げる。
※地上での組み立てが出来ない場合は空中組み立ても可。



3 所定の位置まで吊り上げて、移動床の走行レール、及び駆動車トローリ等を装置し、移動床を走行状態にする。



4 張り出し部を作り、走行するためのレールを取り付ける(ワンタッチ式)(各けたのレールが同様に取り付けられる)。



5 チェンブロックが取りはずされ、張り出し部でレールが取り付けられ、取り付けした走行レールまで移動床を前進させる作業が繰り返される。



6 作業の完了したところ。



7 以上で、レール式移動足場の組み立て完了である。
※写真は作業台を右側に横移動させて、右側の張り出しを大きくした場合(最大張り出し寸法3m)



- 作業床面積/最大巾10m×長さ3.6mまで、フリーサイズ
- 床 面/全面鋼製足場板
- 走行レール/逆T型ラックレール…1本2m(重量8kg)
- 耐 風 圧/昭和61年6月25日、台風5号(風速13.3m、瞬間最大23m、和歌山測候所調べ) 接近時における強風があったが、揺れ、その他異常なし。

製造発売元
米山工業株式会社

(2) 資料-2 補修溶接

1-1 補修溶接の必要性

供用している鋼橋において、拡幅、補強、損傷部の補修等の理由から、現場で補修溶接を行うことも多くなってきている。このような現場での補修溶接は、足場等の仮設備も設置しにくく、溶接作業環境姿勢等の条件は厳しい。以下では、このような補修溶接の問題点と補修溶接に関する基準の概要を紹介する。

1-2 補修溶接の問題点

橋梁建設時の現場溶接に比べ、補修溶接には次のような問題がある。

(1) 溶接条件

- | | |
|---------------|--|
| 部材の組立精度 | 現場で既設の部材に取付ける場合などでは部材のすき間等精度の管理が難しい。 |
| 作業環境 | 雨、風、気温等の気象条件の影響を受けやすい |
| 作業条件 | 既設の部材への溶接の場合には、作業足場も設置しにくく、溶接姿勢も悪くなることが多い。 |

(2) 供用下での溶接

供用している橋梁または、死荷重が作用している橋梁においては、次のような点についても注意が必要である。

- | | |
|--------------------|--|
| 応力作用下の部材への溶接 | 応力が作用している部材に溶接する場合には、溶接割れ、応力が作用している部材の変形等に注意して施工しなければならない。 |
| 部材振動下での溶接 | 溶接されるそれぞれの部材が、別々に振動しないよう、また、溶接施工者の足場が振動しないよう注意し、溶接欠陥がでないよう施工しなければならない。 |

(3) 信頼性の確保

補修溶接を実施するにあたっては、どのようにして信頼性を確保するかも十分検討しておく必要がある。

- 溶接部の検査、欠陥箇所の補修方法
- 溶接による変形部の矯正方法
- 現場溶接に即した溶接試験方法、施工管理方法

(4) その他

腐食、火災、衝突等何らかの理由により部材または部材の一部を撤去して、補修する場合には、次のような方法により施工することが必要となる。

- | | |
|----------------|----------------------------------|
| ○ ベント工法 | ベントを設置し、無応力状態としての部材取替え |
| ○ バイパス工法 | 補修施工時に別の部材を取付けて断面力をバイパスさせての部材取替え |

1-3 補修溶接に関する基準、研究

(1) 現場溶接補修標準(阪神高速道路公団)

この標準は、阪神高速道路公団において、補修、補強工事の実状に即した溶接試験、文献調査を行い、道路橋示方書の規定を補足したものである。

適用する溶接継手 すみ肉溶接継手

適用する鋼種

既設部材の鋼種 SS41, SM41, SM50, SM50Y,
SM53, SM58, SMA41, SMA50,
SMA58

新設部材の鋼種 SS41, SM41

この標準における規定の特徴的なものを以下に示す。

継手部の精度、処理

材片のすき間は最大2mmまでとし、十分に実のど厚が確保できるように溶接施工を行う。

また溶接線ら100mmの範囲の塗料、錆は除去しておく

応力下の溶接

応力下の溶接には、耐割れ性の高い溶接材料を用いる。溶接施工を認める部材は、二次部材、腹板までとし、応力を軽減しない限りフランジへの溶接は認めていない。

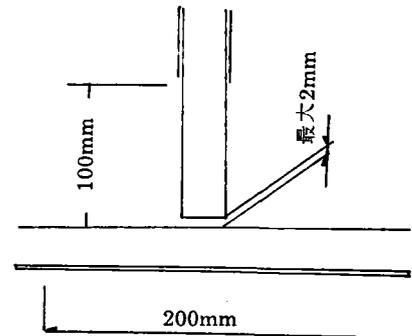


図-1 継手部のすき間

振動下の溶接

部材間に、すべり振動が生じている場合には、機械的な方法で固定する。

(2) 供用下にある鋼構造物の溶接による補強・補修指針(案)

昭和63年2月 日本鋼構造協会

この指針(案)は鋼道路橋などの鋼構造物の供用下における補修・補強に適用するもので、溶接施工中に2つの部材が動的荷重により相対的に変位する場合は除いている。

この指針(案)では、大きく、総則、調査、設計、施工、検査、記録に分類して規定している。特徴的な規定のいくつかを以下に示す。

補修、補強の手順

損傷箇所の補修、補強の手順を図-2に示す。

点検

調査

設計

施工

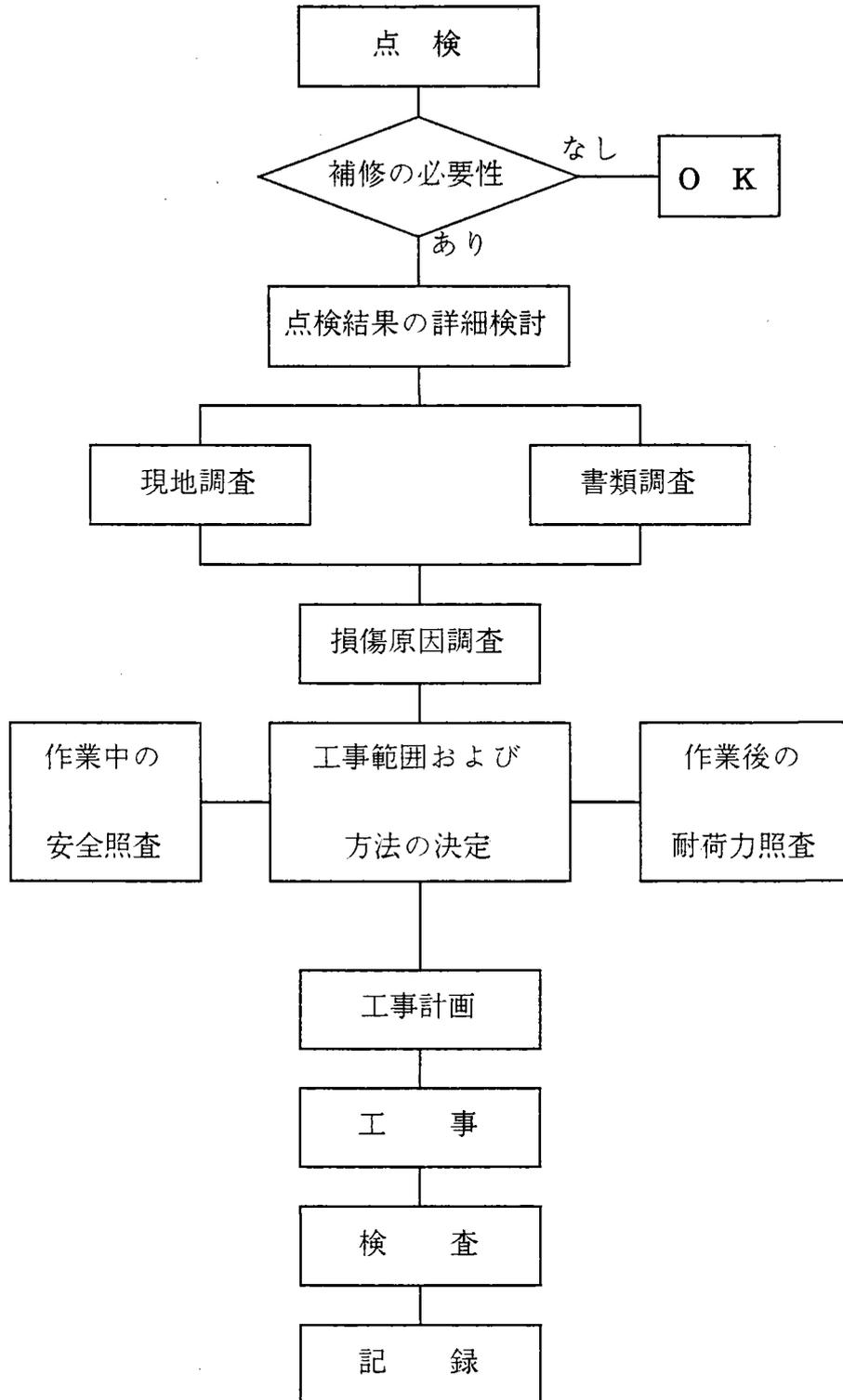


図-2 補修・補強の手順

補修・補強の設計細目

補修・補強の設計細目として以下の項目を示している。

- ① 溶接による補修・補強を行う場合、この損傷が進展しないように配慮しなければならない。
- ② 偏心による二次応力を極力生じさせないように補強材の形状と設置位置に配慮しなければならない。
- ③ 部材の変形を最小に抑えるよう溶接に配慮しなければならない。
- ④ 溶接は作業のし易さにも配慮しなければならない。
- ⑤ すみ肉溶接の有効長は80mm以上を原則とする。
- ⑥ 補修・補強箇所には防食を考慮して塗装を行うように配慮しなければならない。
- ⑦ 作業時の作業空間を考慮しなければならない。

仮付け溶接

仮付け溶接は本溶接を行う溶接工と同時の者を従事させるものとし、溶接棒の材質は本溶接時と同等のものとする。また、仮付け溶接の溶接長は80mm以上すみ肉の脚長は4mm以上を原則とする。

溶接材料

供用下の溶接による補修・補強においては、溶接われを防止するために低水素系溶接材料を使用する。

また、溶接棒の径は4mm以下とするのがよい。

溶接入熱

溶接条件を設定するに当っては、次の項目を守るなどにより、入熱が過大とならないように注意しなければならない。

- ① 溶接ののど厚が5mm以上となる場合は、多層溶接とする。
- ② 1層あたりのビード厚が3mmを超えないようにする。
- ③ パス間温度は150°Cを超えないようにし、表面温度が150°C以下になるまで次層の溶接を待つものとする。

[参考文献]

- 1) 阪神高速道路公団 : 道路構造物の補修標準[鋼構造物編]昭和59年4月
- 2) 日本鋼構造協会 : 供用下にある鋼構造物の溶接による補強・補修指針(案)昭和63年2月

(3) 資料-3 現場孔明け(含ストップホール)

現場における孔明け機具としては、電気ドリル式とエアードリル式に分かれるが、現在は、設備等の簡便から電気ドリル式の方が多く使用されているようである。

以下に代表的な孔明け機の資料を収録する。

(1) 電気ドリル式

- ① 日立電気ドリル(コーナードリル) <(株)日立工機>
- ② マキタ電気ドリル(アングルドリル) <(株)マキタ電機製作所>
- ③ インサイドドリル <(有)石岡機械工作所>

(2) エアードリル式

- ① エアーコーナードリル(アングルドリル)
<日本インガーソル・ランド(株)>

(1) 電気ドリル式

① 日立電気ドリル

コーナドリル

鉄工6.5mm ⑥12
21

DY-6 ¥24,000

●国産で最軽量1.2kg!!
●片手でスイッチ操作!!

222
82
21.5 (センターハイト)

Hitachi Koki

形名	最大穴あけ能力 (mm)	電源 (V)	電流 (A)	消費電力 (W)	回転数 (50/60Hz (回/分))	重量 (kg)	コード (m)
DY-6	鉄工 6.5	単相 100	2.5	240	3,000	1.2	2.5

② マキタ電気ドリル

アングルドリル 狭い場所や、通常のドリルでは穴あけが困難な場所での作業に最適!!

操作性の良いホールドタイプ!
鉄工10mm・木工15mm
モデル **DA3000**
¥21,000 (樹脂製ボディ) ⑤2140

変速スイッチで穴あけ位置が決めやすい!
鉄工10mm・木工15mm
モデル **DA3000V** ⑤2140

鉄工10mm・木工15mm
モデル **DA3000R**
¥23,700 (樹脂製ボディ) ⑤2140

無段変速型

無段変速型 新発売
正逆転両用

Max 87mm
258mm
270mm
270mm
25mm
25mm
25mm

大径の穴あけにも余裕のパワー!
鉄工13mm・木工36mm
モデル **DA4501** ①01200
¥32,600

二段変速型
正逆転両用

170mm
410mm
36mm

モデル No.	最大穴あけ能力 (mm)		チャック能力 (mm)	回転数 (回転/毎分)	電源 (V)	電流 (A)	消費電力 (W)	重量 (kg)	コード (m)	全長 (mm)	付属品
	鉄工	木工									
6013	13	32	2~13	1,000	100	6	570	3.6	2.5	345	チャックキー (本機取付)・ストップボール
① 6013B-R				550		3					
6016	16	36	3.2~16	700	100	7	660	4.4	2.5	365	チャックキー (本機取付)・ストップボール
① 6300-4	13	30		500・600 1,100・1,300		200					
① 6300L			2~13	550	100	7	650	3.2	2.5	385	チャックキー (本機取付)
① DA3000				1,400		6					
① DA3000V	10	15	0.8~10	0~1,400	100	3.2	300	1.6	2	270	チャックキー (本機取付)
① DA3000R											
① DA4501	13	36	2~13	高速1,200 低速300	100	8.5	810	4.3	2.5	410	
DD2011	木工 12			8,000		5.2					
6500A	木工 13		0.5~6.5	4,500	100	4	360	1.9	2.5	271	チャックキー (本機取付)・リングストップ

(100V) 印のある製品は単相100Vおよび単相200V仕様を用意しております。製品により注文生産になる場合がありますので、ご了承ください。
(200V) 詳しくは販売店にお尋ねください。

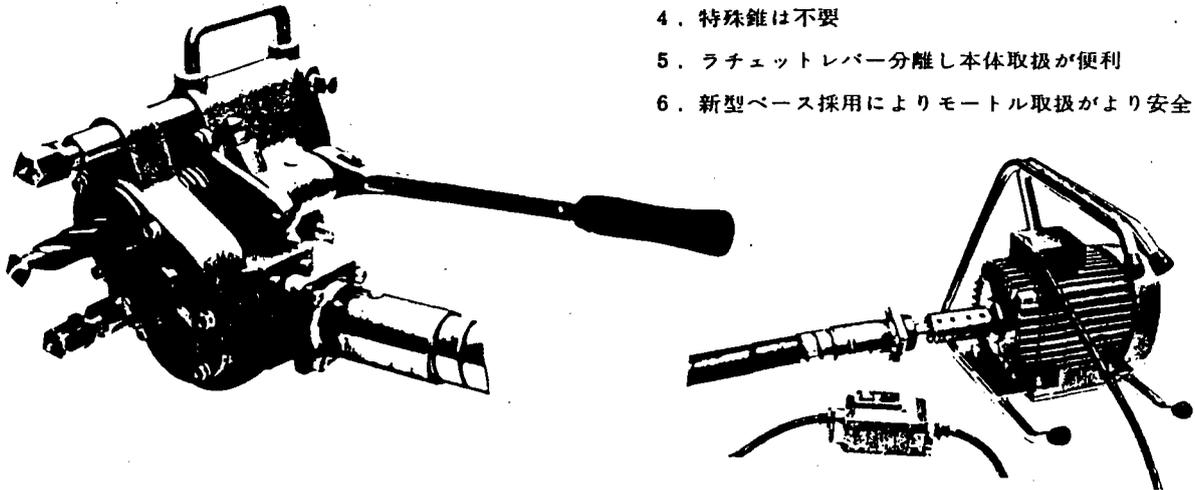
マキタ電動工具

③ インサイドドリル

インサイド・ドリルは、鉄骨、橋梁、車輛、造船、製罐、土木建築等工事における鋼材の鑽孔が一般の電気ドリルでは鑽孔不能の場合に効力発揮するドリルです。

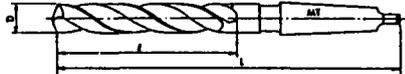
特長

1. 各種型鋼の内側よりの穴明け作業
2. 作業は安全容易
3. 軽量小型で秀れた移動性
4. 特殊錐は不要
5. ラチェットレバー分離し本体取扱が便利
6. 新型ベース採用によりモートル取扱がより安全、容易



仕様

形状	(標準)	本体形式D-4型 支持棒H300用 フレキシブルセット1m モートルセット ツールBOXセット	能力	(回転数)	50Cycle 180r.p.m 60cycle 210r.p.m
	(応用)	フレキシブルセット、1m、1.5m、2m 支持棒、250、350、400、450、600用		(穴あけ)	テーバードリル使用14.5mm~32mm (穴あけ時間) 約2分30秒~3分 (使用箇所最小巾) 250mm(使用箇所最大巾)600mm (最大ストローク) 80mm (支持寸法範囲) 最短 有効最長 H600用 515 mm~595 mm H350用 300 mm~340 mm H450用 410 mm~465 mm H300用 260 mm~300 mm H400用 350 mm~390 mm H250用 215 mm~255 mm
重量	(モートル仕様)	3相、4極、1.5kw、交流200V、E種絶縁 C.Tコード全長2m、押釦スイッチ 平型コネクタ、C型回転ベース付			
		本体、フレキシブルセット1m付 15kg モートルセット 25kg			



単位：mm

直径 D	全長 L	みぞ長 f	ねじれ角	シャンク MT.No.	直径 D	全長 L	みぞ長 f	ねじれ角	シャンク MT.No.
12.5	212	112	35°	2	23.5	285	165	35°	3
13.0	215	115							
13.5	218	118							
14.0	222	122							
14.5	225	125							
15.0	228	128							
15.5	230	130							
16.0	232	132							
16.5	235	135							
17.0	240	140							
17.5	245	145							
18.0	250	150							
18.5	255	155							
19.0	260	160							
19.5	265	165	3	4					
20.0	270	170							
20.5	275	175							
21.0	280	180							
21.5	285	185							
22.0	290	190							
22.5	295	195							
23.0	300	200							
	305	205							
	310	210							

(2) エアードリル式

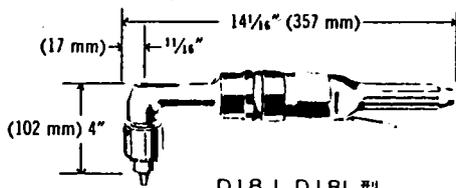
① エアークォーナードリル

インガソール・ランド製重作業用アングル・ドリルは今日市場にある工具で最も強力なものです。この強力さに加え、さらに本工具は堅固さと耐久性を備えていますので、寿命が永く維持費が節約できます。また能率が良く、空気の消費が少ないため運転費が割安になります。

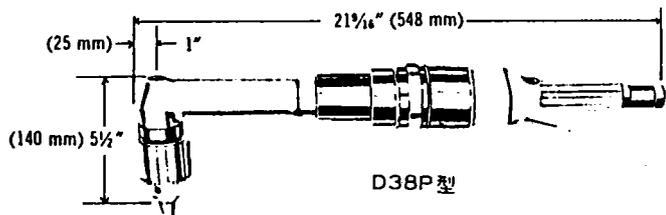
本工具はスムーズに動きバランスがよくとれ、しかも構造はコンパクトですから操作が簡単で、狭く限られた場所でも使用できます。速度とトルクは各種作業内容に順応できるようになっています。これらアングル・ドリルは全て、最少限の振動と馬力当りの重量が小さくしかも特に高いトルクを必要とする作業に適しています。

型	速度 rpm	重量 (チャック付)		穿孔能力		テーパースocket
		lbs.	kg.	ins.	mm.	
D18J	1450	6	2.7	3/8	10	—
D18L	1000	6	2.7	3/8	10	—
D18N	550	7 1/2	3.6	1/2	13	—
D38L	950	10 1/4	4.7	1/2	13	—
D38M	600	13	5.9	3/4	16	—
D38P	430	13 1/2	6.1	1 1/4	19	—
20L	310	14 1/4	6.7	3/8	22	2
20SL	310	17 1/4	8.1	3/8	22	3
20M	215	14 1/4	6.7	2 1/2	23	2
20SM	215	17 1/4	8.1	2 1/2	23	3
30	185	33	15	1 1/4	32	3
30S	185	33 1/4	15.1	1 1/4	32	4
逆 転 式						
R44	165	48	21.8	2	51	4
R44SE	95	58 1/2	26.5	超重作業用		5

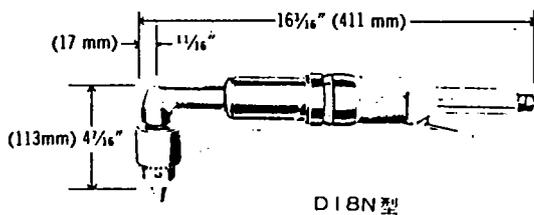
* 3/4" (19mm) の軽作業のみ



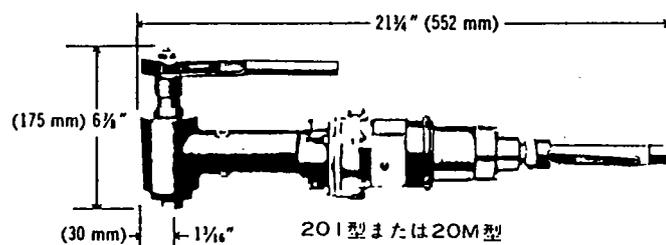
D18J, D18L型



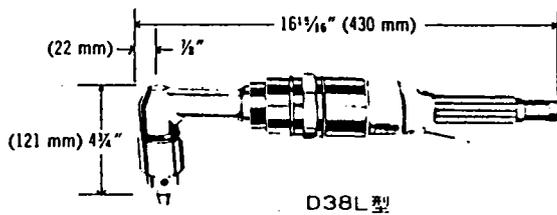
D38P型



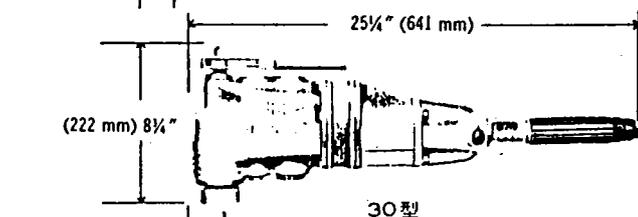
D18N型



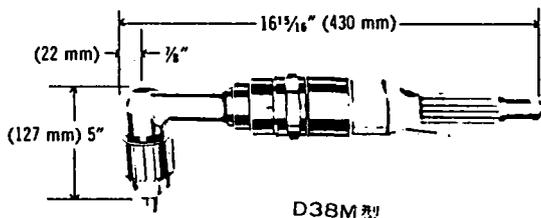
20L型または20M型



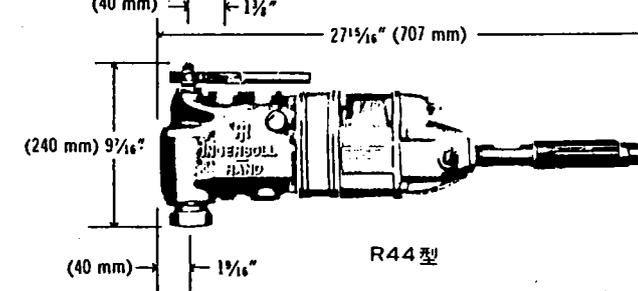
D38L型



30型



D38M型



R44型

資料-4 リベット、ボルトの取替え

1-1 リベット、ボルトの取替えの必要性

リベット、ボルトの腐食・欠食は、連結した部材の腐食と同時に進展するもので、この腐食によるリベット、ボルトを単独で取り替えることは非常に少なく、腐食による部材の取替えと同時に連結リベットなどを取り替えることが多い。

1-2 腐食しやすい箇所と特徴

リベット、ボルトの腐食・欠食は連結する部材とともに腐食、損傷が生じるもので、リベット、ボルト自体が単独に腐食するものはほとんどみられない。

以下に腐食の起り易い箇所を示す。

- ① 枕木に接する上フランジならびに横構等のガセット部
- ② 汚物のかかりやすい箇所
- ③ 道床式の漏水箇所
防水工の破損した付近の添接部
- ④ アンカーボルトのネジ部、ナット

1-3 腐食、欠食の対策

(1) 対策の基本的考え方

リベット、ボルトの腐食損傷としては、リベット頭の欠食、リベット付近の腐食により、リベット孔の拡大などで、リベットがゆるむなど、強度低下が生じていることが多い。従って、これらの変状が生じたものについて対策を行うものである。

また、腐食環境が悪く、腐食の恐れがある場合やF11T以上の高力ボルトが使用されており、遅れ破壊が生じる可能性がある場合などで、高力ボルトの取替えが行われている。

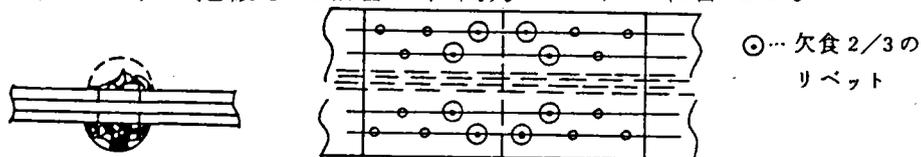
(2) 応急対策

リベット頭の欠食で桁の強度に著しく影響を与えるものは、応急対策として取替えを考える。

図-1はリベット頭が欠食により2/3以上なくなった。リベット頭を示したものである。

図-2は添接箇所(上フランジ)で枕木が直接設置されていたもので◎印は2/3以上欠食していると考えられる。1群10本で4本(片側について)の欠食リベットがあり、30%以上となる。これらを高力ボルトに取替える。

図-3は連結するリベット付近より腐食がリベットにそって、進みリベットが弛緩した場合で、高力ボルトに取替える。



リベット頭の欠食

1群中のリベット頭の欠食



図-3 部材の腐食による弛緩

(3) 本対策

リベット、ボルトの腐食、欠食による対策は、母材の腐食損傷によって、その部材の耐荷力が低下し補修・補強を行うもので、これらの段階でリベット、ボルトの取替えも行われてきた。

図-4、5にリベットの腐食損傷などで、部材の取替えとともに補修、補強の例を示す。

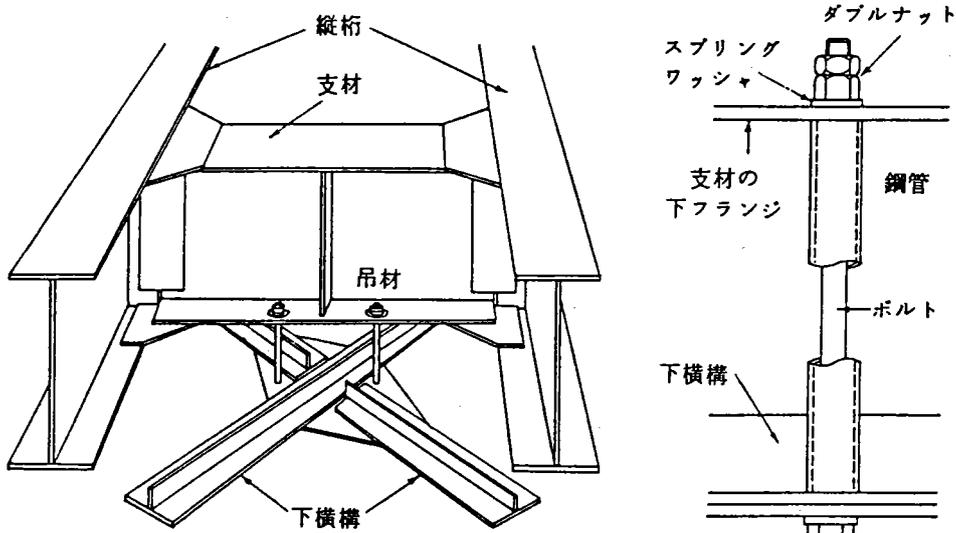


図-4 下横構吊材の例

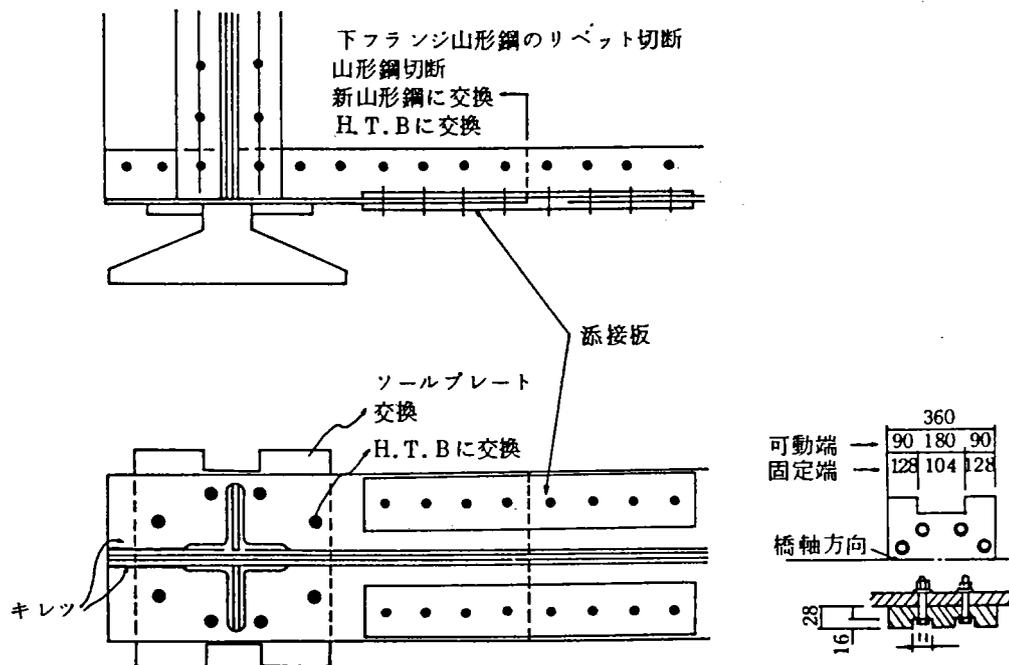


図-5 補修例

(4) リベット、ボルトの取替え規準

リベット、ボルトのゆるみは、各箇所によってもその影響の度合いは異なるが、一例として「建造物保守管理の標準・同解設、鋼構造物」((財)鉄道総合技術研究所)のリベット、ボルトの取替え基準を表-1に示す。

表-1 A4判定とするリベット・ボルトのゆるみ比率^{注1)}
(各継手の一群に対して)^{注2)}

構 造	記 事	比 率 (%)
・上路プレートガーダー	・主桁添接リベット・ボルトの弛み	一群の約30%以上
・下路プレートガーダー	・主桁添接リベット・ボルトの弛み ・縦桁・横桁リベット・ボルトの弛み	一群の約30%以上
・トラス	・縦桁・横桁リベット・ボルトの弛み	一群の約30%以上

注1) 表-2参照

表-2 健全度判定区分

判定区分	運転保安等に対する影響	変状の程度	措 置
AA	危 険	重 大	直ちに措置
A ₁	早晚脅かす 異常外力の作用時危険	変状が進行し、機能低下も進行	早急に措置
A ₂	将来脅かす	変状が進行し、機能低下のおそれ	必要な時期に措置
B	進行すればAランクになる	進行すればAランクになる	監視(必要に応じて措置)
C	現状では影響なし	軽 微	重点的に検査
S	影 響 な し	な し	

注2) 「一群」とは、継手を構成するすべての材片のうち、1枚の母材に用いられているリベットまたはボルトの全体を言う。