

### 3. 評価および補修設計

#### 3.1 評価および補修設計の概要

本橋は市街地に近い2等橋の道路橋で、交通量は2,000台/日程度と多くはないが市街地への重要な路線である。長期間(30年程度)の使用に伴い、経年劣化による異状が発生していることが定期検査で発見された。

これを交通規制なしに、適切な補修を施し、健全な状態に戻す必要がある。

検査の結果を受けて、その損傷を整理し、設計として対策を検討した。

今回実施した損傷の対策は次の通りである。

- ① トラス上弦材の腐食による欠損とその断面の補強
- ② トラス下弦材の腐食による欠損とその断面の補強
- ③ トラス斜材リベット頭の腐食とその対応
- ④ トラス床組(縦桁・横桁)の腐食による欠損とその断面補強
- ⑤ トラス下支材のリベットの弛みとその取替
- ⑥ 下支材曲がり変形と局部変形の処理
- ⑦ 沓座の損傷に対する対応
- ⑧ 沓の取替

なお、本橋建設時の設計図書を参考に、現存の耐荷力および腐食による部材欠損を算定し補強対策の参考とした。

RC床版に関しては全面打替えを前提として、現状2等橋のままの打替えRC床版、および橋格を1等橋に格上げする場合は鋼床版を想定して設計検討を行なった。

#### 3.2 評価

##### 3.2.1 損傷対策の整理表

損傷の評価および対策は、損傷一ヶ所につき一葉の「損傷対策の整理表」に書式を統一してまとめる。これは今後のデータベース化を考慮したものである。

「整理表」の内容は次の通りである。

「損傷の概要」：検査結果より、損傷図と記事により損傷の概要を示す。

「原因推定」：外力的なもの、内部的なものに分け整理し、総合的な原因を示す。

「発生傾向」：損傷の大きさ、発生量等により発生傾向を示す。

「評価」：上記の事項をもとに、次の項目により「損傷の評価」をする。

対策の緊急性を、損傷の進行性(変状の進行性に対する評価)および

冗長性(構造全体の機能低下に及ぼす評価)から判断する。

(進行性・冗長性の用語説明をp.206に示す。)

対策の時期・措置の方法を定める。

長期的および構造全体に及ぼす影響を念のために検討する。

「補修方法」：補修の時期・補修工法の選定：

ここでは、概略設計の形で提案し、協議の結果修正できる様にしておく。

補修の場合、現場の都合(施工時期・期間・現場環境からの制約条件・施工者の技量・予算措置など)によって、理想的対策のとれないことが多い。

「その他」：施工上の問題点や検討課題などを記す。

### 3.2.2 評価の基準

損傷の状況にあわせて対策の時期を決めるため、損傷を評価する判定基準を設ける必要がある。

現在、道路橋について、損傷の評価判定基準は各事業体共通のものはない

(表3.6にその比較表を示す)

鉄道橋について、以下の基準がある。

損傷に対する健全度判定区分 (表3.8)

損傷の進行性および冗長性の評価表 (表3.4・3.5)

進行性・冗長性の組合せを考慮した判定区分 (表3.3)

損傷の影響を大とする項目 (表3.2)

従って、ここではこれらの実態とそれらの主旨をふまえて、ある程度共通して用いることのできるような判定区分を暫定的に設定した(表3.1)。

表3.1 損傷に対する健全度判定区分

判定区分	車両走行に対する安全性	変状の程度	措置
I	A ・安全を脅かす	重大	直ちに措置
	B ・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	早急の措置
II	将来脅かす	変状が進行し、 機能低下の恐れ	必要な時期に 措置
III	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)
IV	現状では影響なし	軽微	重点的に検査
S	影響なし	健全	

表3.2 損傷の影響を大とする項目

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>①放置すると他に多大な影響を及ぼすもの。</li> <li>②多発する可能性のあるもの。</li> <li>③早期対策が維持管理上著しく有利なもの。</li> <li>④他にも同類の箇所があり、その箇所の検査が比較的難しいもの。</li> <li>⑤構造物としての重要度が特に高いもの。</li> </ul> |
|---|

表 3.3 組み合わせから決まる判定区分

冗長性 進行性	a	b	c	s
a	I B	I B	II	II
b	II	II	III	III
c	III	III	IV	IV
s	IV	IV	IV	S

表 3.4 進行性および冗長性の評価表 (1) 「進行性」

評価ランク	状 況
a	変状が発生してから4～5年以内（全般検査で1回見落としを考慮）に機能限界もしくはその部材（品）の破断等に達する可能性のあるもの。
b	変状が発生してから10年（塗装期間）以内に機能限界もしくはその部材（継手）の破断等に達する可能性のあるもの。
c	変状が発生しても計算上設計想定寿命程度は満足できると思われるもの。
s	変状が発生しても通常はほとんど進展しないか、進展しても破断に至らないもの。

表 3.5 進行性および冗長性の評価表 (2) 「冗長性」

評価ランク	状 況
a	直接部材や構造物の安全を脅かす著しい機能低下や崩壊につながるもの。
b	連鎖的もしくはある特定の使用条件になった時に構造物の著しい機能低下や崩壊に結びつくもの。
c	耐久性の低下として長期的には機能低下や崩壊に結びつくもの。
s	その継手や部材が崩壊しても構造物全体の強度や機能にあまり影響を与えないもの。

表-3.6 損傷度判定区分比較表

判定区分の内容			建設省各地方建設局					東京都 (定期 検査)	首都高	AASHTO	ニュー ヨーク 市 交通局	J R	建設省案 土木研究所	本報告書 判定区分
車両走行に 対する安全性	変状の程度	措 置	関 東 四 国	北 陸	中 国	中 部 近 畿	北 海 道 九 州							
安全を脅かす	重 大	直ちに措置	判定A はくは ランクA	ランク 5	判定1	D はくは 判定D	A	E	A	Critical	Poor	AA	I	IA
・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	早急の措置		ランク 4	判定2			C はくは 判定C	D	B はくは Q		Poor		A1
将来脅かす	変状が進行し 、機能低下の 恐れ	必 要 な 時 期 措 置		ランク		判定3			B	C	Fair	A2		II
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)	判定B はくは ランクB	3	判定3	B はくは 判定B	B	C	Fair	B	III	III		
現状では 影響なし	軽 微	重点的に措置	ランク 2	判定4	C	B	C	B	Good	Good	C	IV	IV	
影響なし	健 全		判定C はくは ランクC	ランク 1	判定5	A はくは 判定A	D	A	D	New	Very Good	S	O. K	S

表 3.7 損傷度判定標準

土木研究所資料第2651号

判定区分	一般的状況
I	損傷が著しく、交通の安全確保の支障となる恐れがある。
II	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修するかどうかの検討を行う必要がある。
III	損傷が認められ、追跡調査を行う必要がある。
IV	損傷が認められ、その程度を記録する必要がある。
O. K	点検の結果から、損傷は認められない。

表 3.8 損傷に対する健全度判定区分

判定区分	運転保安等に対する影響	変状の程度	措置
I	A ・安全を脅かす	重大	直ちに措置
	B ・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	早急の措置
II	将来脅かす	変状が進行し、 機能低下の恐れ	必要な時期に 措置
III	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）
IV	現状では影響なし	軽微	重点的に検査
S	影響なし	健全	

(1) 損傷の進行性

これは、発見された損傷が何時、その部材の機能が失われる状態になるか。これは主要部材に限らず、ラテラル等の2次部材であっても同じで、例えばき裂が発見された時、何時その部材が破断等によって機能を失う状態になるか、そして、それが通常の検査で発見し、適切な処置をとっていく余裕のある早さで進行するか否かの評価がこれにあたる。

この項目は、従来から判定の要因としてきた「変状の種類」「発生した位置」、「量」、「交通量」などを加味したものである。

(2) 冗長性(じょうちょうせい)

これはあまり聞きなれない言葉かもしれないが、英語では Redundancy と言い、“構造物が損傷によって崩壊もしくは、機能を失うに至らないための能力の有無や大きさ”を表す尺度と言うこともできる。すなわち構造物の冗長性は、今発見された損傷が進展して破断状態に達した時、構造物全体としての崩壊等、構造物としての機能を失う状態になるかどうかを評価するものである。我々が絶対に防がなければ成らない損傷はこれである。

従来の「部材の重要度」、「部材の強度に与える影響」や「列車の走行安全性」等を反映したものである。

「進行性」および「冗長性」に対する具体的なランク付けは、表 3.4 に示し、これらを組み合わせた判定区分を表 3.5 に示す。

### 3. 3 設計

#### 3.3.1 設計の作業項目（設計者のなすべきこと）

設計担当者は現地調査および資料整理をし、「損傷対策の整理表」をまとめる。

- (1) 現地調査 : 設計者の立場から損傷や現場の環境を確認するために行なう。
- (2) 資料等の整理 : 検査結果の把握・設計図の照査・事業者の管理台帳類（台帳・検査と変状履歴等）の調査、および文献類（事例等）の調査と整理
- (3) 「損傷対策の整理表」 : 3.2.1「損傷対策の整理表」参照

必要に応じて、応力計算・構造解析・実測等も行なう。（6. 補強効果の確認参照）

- (4) 応力計算・モデル実験
- (5) 寸法計測
- (6) たわみ・振動測定
- (7) 応力測定

なお設計協議・施工計画・積算作業も必要である。

- (8) 設計協議 : 発注者や施工者との打ち合せ、図面や報告書の内容修正等がある。
- (9) 施工計画 : 施工法・取付け方法の検討、工程表の作成、施工上の留意事項の整理
- (10) 積算作業 : 概略工事費の検討

補修設計図は「対策図」としてまとめ、

- (11) 「対策図」 : 3.3.2「対策図」参照

以上の設計項目の作業を始める前に、「補修設計業務計画書」を作成する。

- (12) 「補修設計業務計画書」 : 参考資料参照

#### 3.3.2 「対策図」

設計作業は損傷一ヶ所につき一葉の「対策図」・（補修設計図）としてまとめる。  
その内容は次の通りである。

- 「対策名」 : 損傷箇所に対する対策名（補修・補強方法の名称）
- 「対策の主旨」 : 補修の基本方針（原型復旧・補修・補強；溶接・ボルト等）
- 「対策の選定理由」 : 前記「損傷対策の整理表」を参考にして、設計協議済みの工法について記す
- 「対策工法の概要・注意事項」 : 細部にわたる施工上の注意事項も示す
- 「数量表等」 : 工費算出のため、材料・溶接延長・塗装面積等を算定する
- 「対策図」 : 作業項目も図示し、作業を明確にする 施工図である

### 3.3.3

## 現有耐力の計算

### § 1 概 要

本橋梁は、昭和30年前後の供用開始より30年程度が経過しており、腐食および近年の重交通に対する主構等の耐力が懸念されている。

そこで、§2において、平成2年2月の道路橋示方書を適用し、本橋梁の応力状態を把握する。

§3において、昭和54年2月の道路橋補修便覧に基づき主構に関する基本耐荷力を算定する。

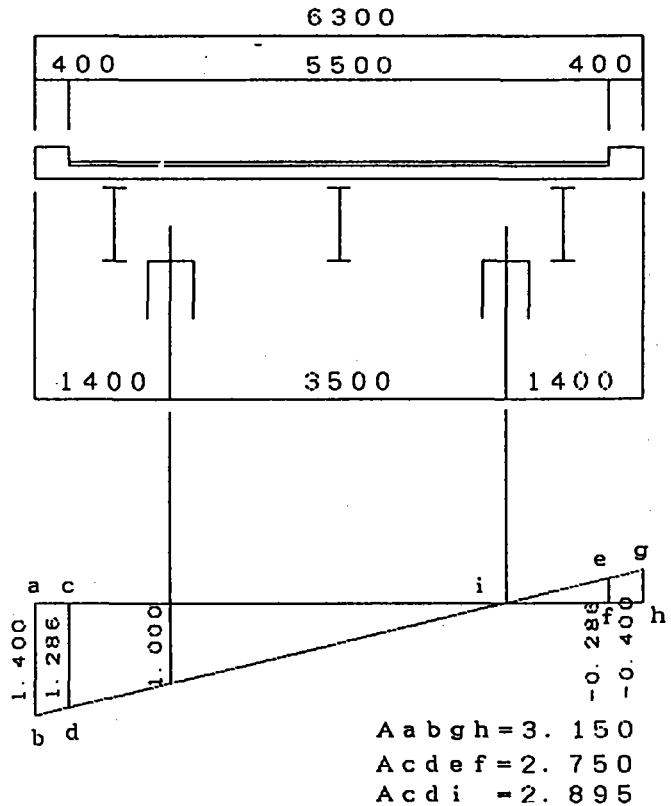
§4では、本橋梁を1等橋に格上げした場合の計算例を示し、今後の資料としたい。

### § 2 現橋梁の応力度計算

#### 2-1 設計条件

橋 種	上路ワーレントラス（鉛直材有り）
橋 格	2等橋
支 間	49.0 m（10×4.9 = 49.0 m）
幅 員	6.3 m（車道幅員5.5 m）
舗 装	コンクリート（5 cm）
床 版	鉄筋コンクリート（15 cm）
雪 荷 重	100 kg / m <sup>2</sup>
主構中心間隔	3.5 m
主 構 高	4.9 m

2 - 2 荷重強度



a) 死荷重

コンクリート舗装	$2.300 \times 0.050 \times 2.750 = 0.316 \text{ t/m}$
床版	$2.500 \times 0.150 \times 3.150 = 1.181 \text{ t/m}$
地覆	$2.500 \times 0.400 \times 0.250 = 0.250 \text{ t/m}$
雪荷重	$0.100 \times 3.150 = 0.315 \text{ t/m}$
高欄	$= 0.030 \text{ t/m}$
鋼重	$= 0.550 \text{ t/m}$

---


$$\Sigma = 2.642 \text{ t/m}$$

b) 活荷重

線荷重	$P = 3.500 \times 2.895 = 10.133 \text{ t}$
等分布荷重	$q = 0.245 \times 2.895 = 0.709 \text{ t/m}$
衝撃係数	
弦材・端柱	鉛直材

$$i = \frac{20}{50 + 49} = 0.202$$

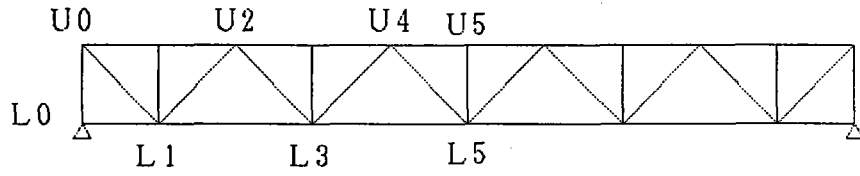
$$i = \frac{20}{50 + 3.5} = 0.374$$

斜材

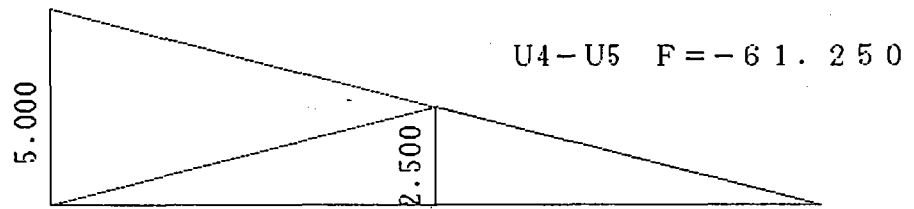
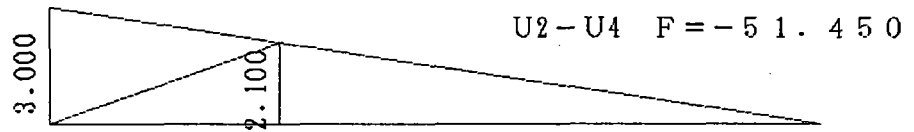
$$i = \frac{20}{50 + (0.75 \times 49)} = 0.231$$



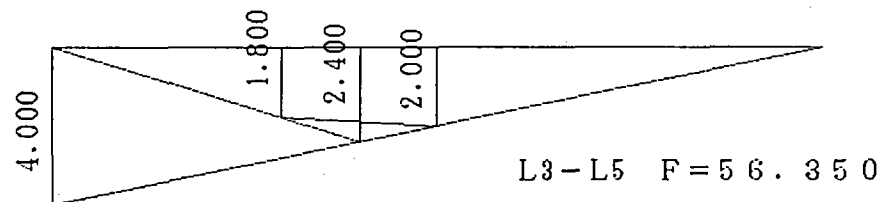
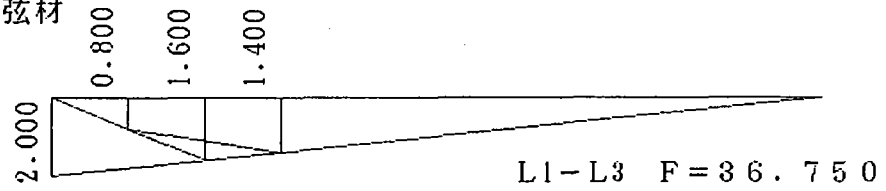
2 - 3 各部材の影響線面積の算出



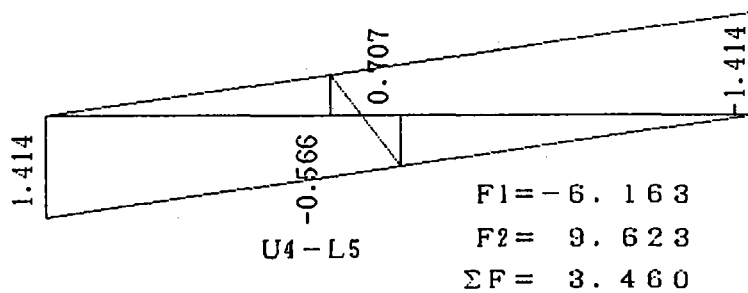
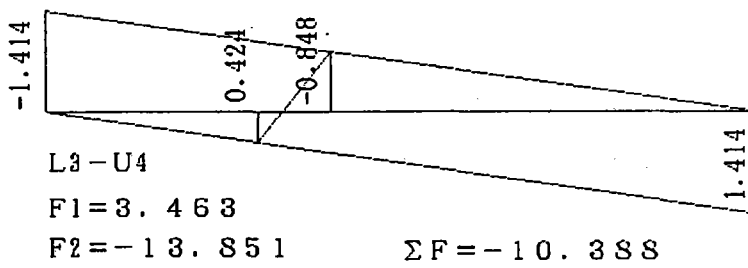
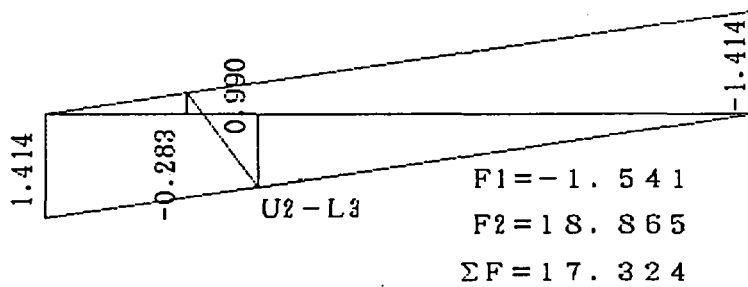
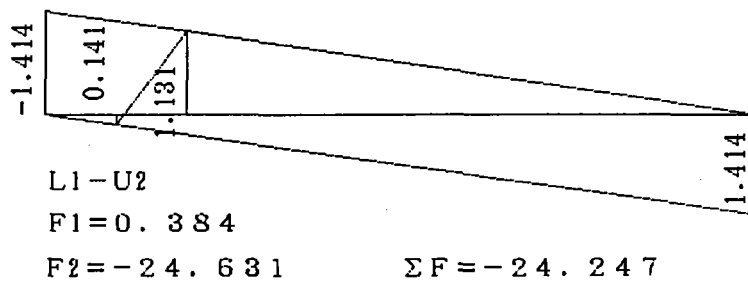
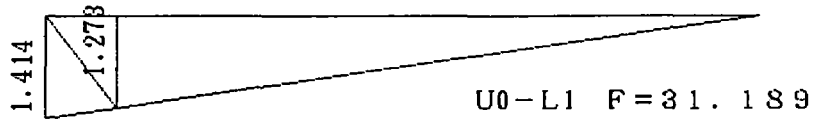
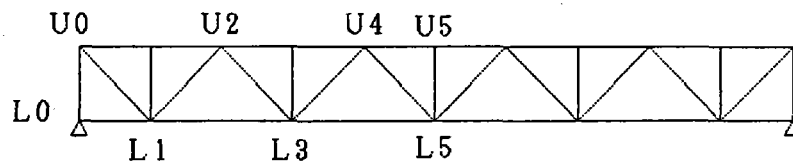
a) 上弦材



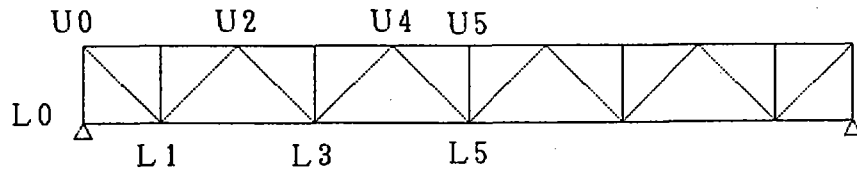
b) 下弦材



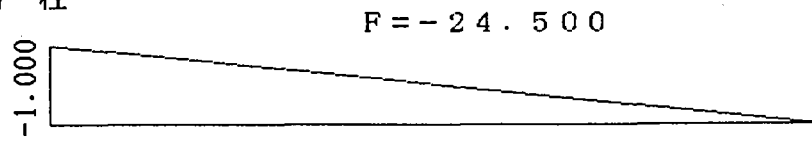
c) 斜材



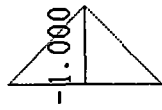
d) 端柱および鉛直材



端柱



鉛直材



2 - 4 断面力の集計

上弦材

部材名	死荷重 (t/m)	活荷重			影響線		断面力 (t)		
		線荷重 (t)	等分布 (t/m)	衝撃係数	面積	縦距	死荷重 N <sub>d</sub>	活荷重 N <sub>l+i</sub>	合計
U0 - U2	2.642	10.133	0.709	0.202	-22.050	-0.900	-58.256	-29.753	-88.009
U2 - U4	2.642	10.133	0.709	0.202	-51.450	-2.100	-135.931	-69.424	-205.355
U4 - U5	2.642	10.133	0.709	0.202	-61.250	-2.500	-161.823	-82.648	-244.471

下弦材

部材名	死荷重 (t/m)	活荷重			影響線		断面力 (t)		
		線荷重 (t)	等分布 (t/m)	衝撃係数	面積	縦距	死荷重 N <sub>d</sub>	活荷重 N <sub>l+i</sub>	合計
L1 - L3	2.642	10.133	0.709	0.202	36.750	1.400	97.094	48.371	145.464
L3 - L5	2.642	10.133	0.709	0.202	56.350	2.000	148.877	72.382	221.259

端柱・鉛直材

部材名	死荷重 (t/m)	活荷重			影響線		断面力 (t)		
		線荷重 (t)	等分布 (t/m)	衝撃係数	面積	縦距	死荷重 N <sub>d</sub>	活荷重 N <sub>l+i</sub>	合計
端柱	2.642	10.133	0.709	0.202	-24.500	-1.000	-64.729	-33.059	-97.788
鉛直材	2.642	10.133	0.709	0.374	-4.900	-1.000	-12.946	-18.696	-31.642

斜 材

部材名	死荷重 (t/m)	活 荷 重			影 響 線				
		線荷重 (t)	等分布 (t/m)	衝撃係数	死荷重 面積	活荷重 (m i n)		活荷重 (m a x)	
						面積	縦 距	面積	縦 距
U 0 - L 1	2.642	10.133	0.709	0.231	31.189	0.000	0.000	31.189	1.273
L 1 - U 2	2.642	10.133	0.709	0.231	-24.247	-24.631	-1.131	0.384	0.141
U 3 - L 3	2.642	10.133	0.709	0.231	17.324	-1.541	-0.283	18.865	0.990
L 3 - U 4	2.642	10.133	0.709	0.231	-10.388	-13.851	-0.848	3.463	0.424
U 4 - L 5	2.642	10.133	0.709	0.231	3.460	-6.163	-0.566	9.623	0.707

部材名	断 面 力 ( t )				
	死荷重 N d	活荷重 (-) N l + i	活荷重 (+) N l + i	合 計	
				( m i n )	( m a x )
U 0 - L 1	82.401	0.000	43.100	82.401	125.501
L 1 - U 2	-64.061	-35.605	2.094	-99.666	-61.967
U 3 - L 3	45.770	-4.875	28.814	40.895	74.584
L 3 - U 4	-27.445	-22.667	8.311	-50.112	-19.134
U 4 - L 5	9.141	-12.439	17.218	-3.298	26.359

2 - 5 応力度一覧

本橋梁の許容応力度は、昭和13年の示方書の式が用いられているものと考えられ、現在の示方書と異なる。

本報告書では、平成2年2月の示方書による計算結果を示す。

	部 材 名	実 応 力 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	許 容 応 力 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	材 質
上 弦 材	U 0 - U 2	- 9 0 4	1 2 0 3	S S 4 0 0
	U 2 - U 4	- 1 5 3 4	1 5 5 9	S M 4 9 0
	U 4 - U 5	- 1 5 4 5	1 5 4 1	''
下 弦 材	L 1 - L 3	1 9 2 7	1 9 0 0	''
	L 3 - L 5	2 0 0 4	1 9 0 0	''
斜 材	U 0 - L 1	1 9 0 0	1 9 0 0	''
	L 1 - U 2	- 1 2 4 0	1 2 2 3	''
	U 2 - L 3	1 5 8 6	1 9 0 0	''
	L 3 - U 4 U 4 - L 5	- 7 3 7	1 2 1 4	''
鉛 直 材		- 4 6 7	1 1 6 6	S S 4 0 0
端 柱		- 1 4 3 4	1 4 7 2	S M 4 9 0

### § 3 基本耐荷力の算定

道路橋補修便覧（昭和54年2月，日本道路協会）のP247「鋼道路橋供用荷重算定指針（案）」に基づき、主構に関する基本耐荷力を算定する。

#### 3-1 本橋梁の現状

本橋梁は、昭和30年前後の供用開始より30年前後が経過しており、腐食が著しく、また路面の状態も凹凸が進んでいる。

#### 3-2 基本耐荷力

基本耐荷力

$$P = 20 \times \frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_{20}}$$

ここに、

- P : 基本耐荷力  
 $\sigma_{20}$  : 1等橋の活荷重ならびに衝撃によって生ずる応力  
 $\sigma_d$  : 死荷重応力度  
 $\sigma_a$  : 許容応力度

本報告書は、主構に着目するため、活荷重としたはL荷重を考える。

従って、 $\sigma_{20}$ の応力度は、現設計の活荷重応力度に対して、0.70を除いた値となる。

	部 材 名	$\sigma_{20}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_a - \sigma_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	基本耐荷力 P (t)
上弦材	U0-U2	443	1203	594	609	27.5
	U2-U4	751	1559	1008	551	14.7
	U4-U5	757	1541	1015	526	13.9
下弦材	L1-L3	839	1900	1153	747	17.8
	L3-L5	937	1900	1319	581	12.4
斜 材	U0-L1	946	1900	1238	662	14.0
	L1-U2	642	1223	791	432	13.5
	U2-L3	887	1900	965	935	21.1
	L3-U4 U4-L5	482	1214	400	814	33.8
鉛 直 材		397	1166	188	978	49.3
端 柱		703	1472	942	530	15.1

### 3-3 供用荷重の決定

#### I) 応力度に関する係数 $K_s$

上弦材 1.2  
その他 1.0

#### II) 路面状況に関する係数 $K_r$

B : 舗装に多少の凹凸がある 0.9



Ⅲ) 交通状況に関する係数

通常  $K_t = 1.0$

Ⅳ) その他の条件に関する係数

通常  $K_o = 1.0$

以上の係数を基本耐荷力に乗じて、供用荷重とする。

	部材名	基本耐荷力 P (t)	係 数				供用荷重 L (t)
			K s	K r	K t	K o	
上弦材	U 0 - U 2	27.5	1.2	0.9	1.0	1.0	30
	U 2 - U 4	14.7	1.2	0.9	1.0	1.0	16
	U 4 - U 5	13.9	1.2	0.9	1.0	1.0	15
下弦材	L 1 - L 3	17.8	1.0	0.9	1.0	1.0	16
	L 3 - L 5	12.4	1.0	0.9	1.0	1.0	11
斜 材	U 0 - L 1	14.0	1.0	0.9	1.0	1.0	13
	L 1 - U 2	13.5	1.0	0.9	1.0	1.0	12
	U 2 - L 3	21.1	1.0	0.9	1.0	1.0	19
	L 3 - U 4 U 4 - L 5	33.8	1.0	0.9	1.0	1.0	30
鉛 直 材		49.3	1.0	0.9	1.0	1.0	44
端 柱		15.1	1.0	0.9	1.0	1.0	14

従って、供用荷重は、11 t o n となる。

3-4 断面の腐食を考慮した場合

断面欠損として、上弦材（15%）、下弦材（12%）、その他（20%）を考慮する。

I) 基本耐荷力

	部材名	$\sigma_{20}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_a - \sigma_d$ (kg/cm <sup>2</sup> )	基本耐荷力 P (t)
上弦材	U0-U2	521	1203	699	504	19.3
	U2-U4	884	1559	1185	374	8.5
	U4-U5	890	1541	1194	347	7.8
下弦材	L1-L3	953	1900	1310	590	12.4
	L3-L5	1064	1900	1499	401	7.5
斜材	U0-L1	1182	1900	1548	352	6.0
	L1-U2	803	1223	989	234	5.8
	U2-L3	1109	1900	1206	694	12.5
	L3-U4 U4-L5	602	1214	499	715	23.8
鉛直材		497	1166	236	930	37.4
端柱		878	1472	1178	294	6.7

II) 供用荷重

	部 材 名	基本耐荷力 P ( t )	係 数				供用荷重 L ( t )
			K s	K r	K t	K o	
上弦材	U 0 - U 2	19.3	1.2	0.9	1.0	1.0	21
	U 2 - U 4	8.5	1.2	0.9	1.0	1.0	9
	U 4 - U 5	7.8	1.2	0.9	1.0	1.0	8
下弦材	L 1 - L 3	12.4	1.0	0.9	1.0	1.0	11
	L 3 - L 5	7.5	1.0	0.9	1.0	1.0	7
斜 材	U 0 - L 1	6.0	1.0	0.9	1.0	1.0	5
	L 1 - U 2	5.8	1.0	0.9	1.0	1.0	5
	U 2 - L 3	12.5	1.0	0.9	1.0	1.0	11
	L 3 - U 4 U 4 - L 5	23.8	1.0	0.9	1.0	1.0	21
鉛 直 材		37.4	1.0	0.9	1.0	1.0	34
端 柱		6.7	1.0	0.9	1.0	1.0	6

3 - 5 補修および補強の必要性

供用荷重を L - 20 とするに必要な断面積

	部 材 名	断 面 積			係 数 $K_s * K_r * K_t * K_o$	必 要 断 面 積 L-20 (cm <sup>2</sup> )	補 強 必 要 断 面 積 (cm <sup>2</sup> )
		設 計 時 (cm <sup>2</sup> )	断 面 欠 損 後 (%)	(cm <sup>2</sup> )			
上弦材	U 0 - U 2	96.0	15	81.6	1.08	80.1	—
	U 2 - U 4	132.0	15	112.2	1.08	144.2	32.0
	U 4 - U 5	156.0	15	132.6	1.08	173.7	41.1
下弦材	L 1 - L 3	82.4	12	72.5	0.90	90.4	17.8
	L 3 - L 5	110.4	12	97.2	0.90	137.1	39.9
斜 材	U 0 - L 1	65.1	20	52.1	0.90	78.4	26.3
	L 1 - U 2	79.2	20	63.4	0.90	97.5	34.1
	U 2 - L 3	46.4	20	37.1	0.90	47.6	10.5
	L 3 - U 4 U 4 - L 5	67.2	20	53.8	0.90	51.8	—
鉛 直 材		67.2	20	53.8	0.90	36.3	—
端 柱		67.2	20	53.8	0.90	78.7	24.9

#### § 4 1 等橋格上げの計算例

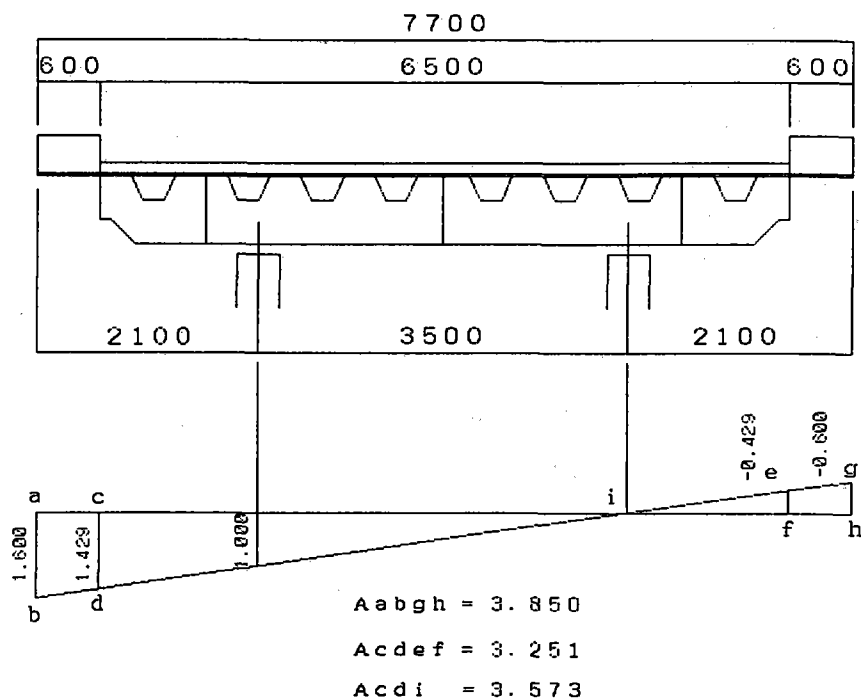
近年の重交通を考慮し、本橋梁を1等橋に格上げした場合の主構トラスの計算例を示す。

1等橋への格上げのため、車道幅員を6.5mとし、コンクリート床版を鋼床版に変更した。

#### 4 - 1 設計条件

橋種	上路ワーレントラス（鉛直材有り）
橋格	1等橋
支間	49.0m（10×4.9=49.0m）
幅員	7.7m（車道幅員6.5m）
舗装	アスファルト（8cm）
床版	鋼床版
雪荷重	100kg/m <sup>2</sup>
主構中心間隔	3.5m
主構高	4.9m

4 - 2 荷重強度



a) 死荷重

アスファルト舗装	$2.300 \times 0.080 \times 3.251 = 0.598$	t/m
鋼床版	$0.230 \times 3.850 = 0.886$	t/m
地覆	$2.500 \times 0.600 \times 0.280 = 0.420$	t/m
雪荷重	$0.100 \times 3.850 = 0.385$	t/m
高欄		$= 0.030$ t/m
鋼重		$= 0.650$ t/m

---

$\Sigma = 2.969$  t/m

b) 活荷重

線荷重  $P = 5.000 \times 3.573 = 17.865 \text{ t}$

等分布荷重  $q = 0.350 \times 3.573 = 1.251 \text{ t/m}$

衝擊係數

弦材・端柱

$$i = \frac{20}{50 + 49} = 0.202$$

鉛直材

$$i = \frac{20}{50 + 3.5} = 0.374$$

斜材

$$i = \frac{20}{50 + (0.75 \times 49)} = 0.231$$

4 - 3 断面力の集計

上弦材

部材名	死荷重 (t/m)	活 荷 重			影 響 線		断 面 力 ( t )		
		線荷重 (t)	等分布 (t/m)	衝撃係数	面 積	縦 距	死荷重 N d	活荷重 N l + i	合 計
U 0 - U 2	2.969	17.865	1.251	0.202	-22.050	-0.900	-65.466	-52.483	-117.949
U 2 - U 4	2.969	17.865	1.251	0.202	-51.450	-2.100	-152.755	-122.460	-275.215
U 4 - U 5	2.969	17.865	1.251	0.202	-61.250	-2.500	-181.851	-145.786	-327.637

下弦材

部材名	死荷重 (t/m)	活 荷 重			影 響 線		断 面 力 ( t )		
		線荷重 (t)	等分布 (t/m)	衝撃係数	面 積	縦 距	死荷重 N d	活荷重 N l + i	合 計
L 1 - L 3	2.969	17.865	1.251	0.202	36.750	1.400	109.111	85.324	194.435
L 3 - L 5	2.969	17.865	1.251	0.202	56.350	2.000	167.303	127.681	294.984

端柱・鉛直材

部材名	死荷重 (t/m)	活 荷 重			影 響 線		断 面 力 ( t )		
		線荷重 (t)	等分布 (t/m)	衝撃係数	面 積	縦 距	死荷重 N d	活荷重 N l + i	合 計
端 柱	2.969	17.865	1.251	0.202	-24.500	-1.000	-72.741	-58.314	-131.055
鉛直材	2.969	17.865	1.251	0.374	-4.900	-1.000	-14.548	-32.969	-47.517



斜 材

部材名	死荷重 (t/m)	活 荷 重			影 響 線				
		線荷重 (t)	等分布 (t/m)	衝撃係数	死荷重 面積	活荷重 (m i n)		活荷重 (m a x)	
						面積	縦 距	面積	縦 距
U 0 - L 1	2.969	17.865	1.251	0.231	31.189	0.000	0.000	31.189	1.273
L 1 - U 2	2.969	17.865	1.251	0.231	-24.247	-24.631	-1.131	0.384	0.141
U 3 - L 3	2.969	17.865	1.251	0.231	17.324	-1.541	-0.283	18.865	0.990
L 3 - U 4	2.969	17.865	1.251	0.231	-10.388	-13.851	-0.848	3.463	0.424
U 4 - L 5	2.969	17.865	1.251	0.231	3.460	-6.163	-0.566	9.623	0.707

部材名	断 面 力 ( t )				
	死荷重 N d	活荷重 (-) N l + i	活荷重 (+) N l + i	合 計	
				( m i n )	( m a x )
U 0 - L 1	92.600	0.000	76.026	92.600	168.626
L 1 - U 2	-71.989	-62.804	3.692	-134.793	-68.297
U 3 - L 3	51.435	-8.597	50.824	42.838	102.259
L 3 - U 4	-30.842	-39.979	14.657	-70.821	-16.184
U 4 - L 5	10.273	-21.938	30.367	-11.666	40.640

4 - 4 応力度一覧

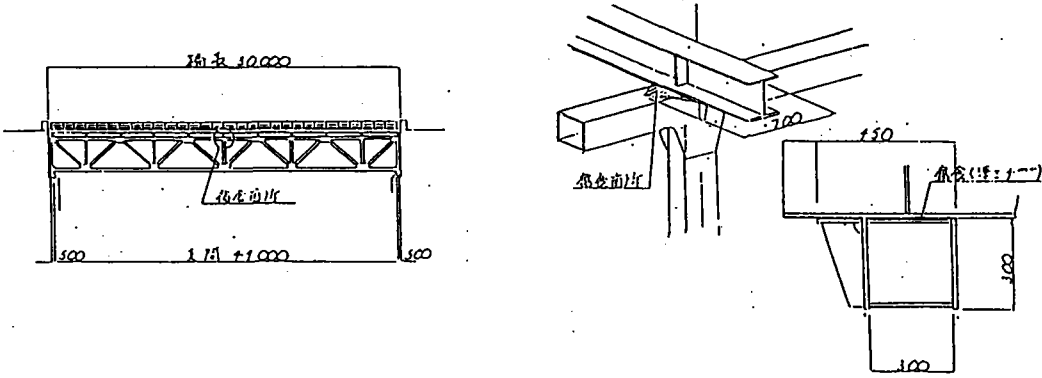
本橋梁の許容応力度は、昭和13年の示方書の式が用いられている  
ものと考えられ、現在の示方書と異なる。

本報告書では、平成2年2月の示方書による計算結果を示す。

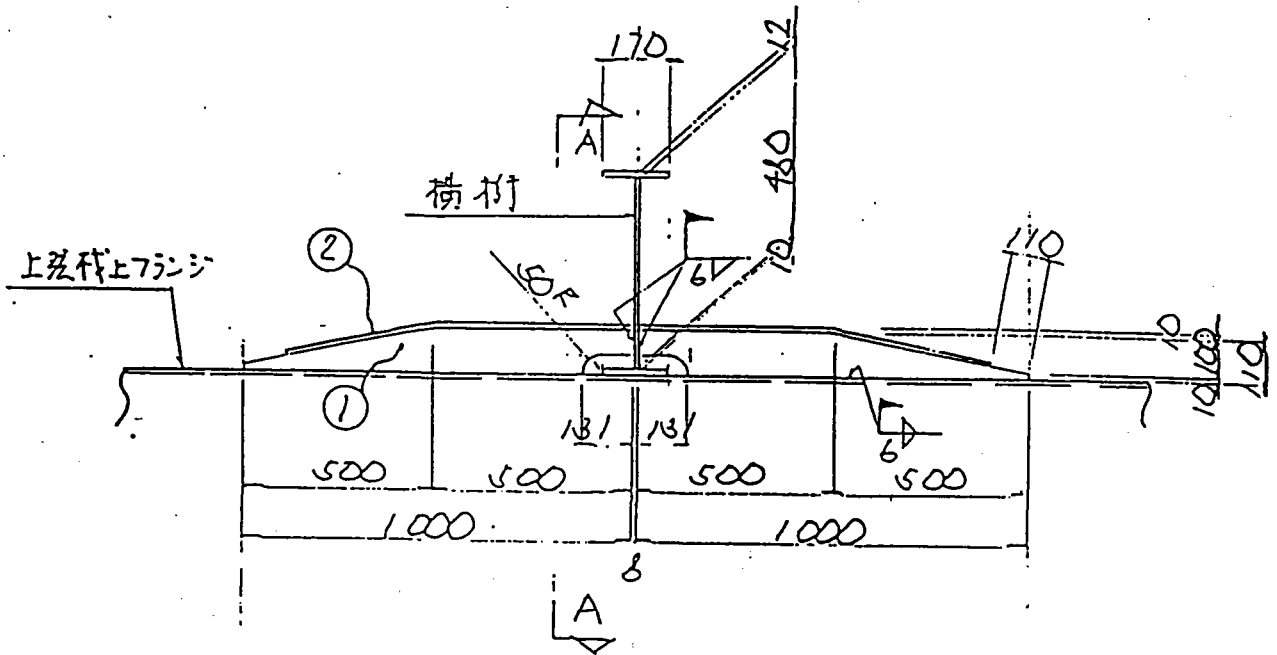
	部 材 名	実応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	許容応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	材 質
上弦材	U0-U2	-1225	1203	SS400
	U2-U4	-2078	1559	SM490
	U4-U5	-2094	1541	〃
下弦材	L1-L3	2605	1900	〃
	L3-L5	2702	1900	〃
斜 材	U0-L1	2736	1900	〃
	L1-U2	-1816	1223	〃
	U2-L3	2452	1900	〃
	L3-U4 U4-L5	-1157	1214	〃
鉛 直 材		-597	1166	SS400
端 柱		-1707	1472	SM490

### 3.4 各損傷に対する対策

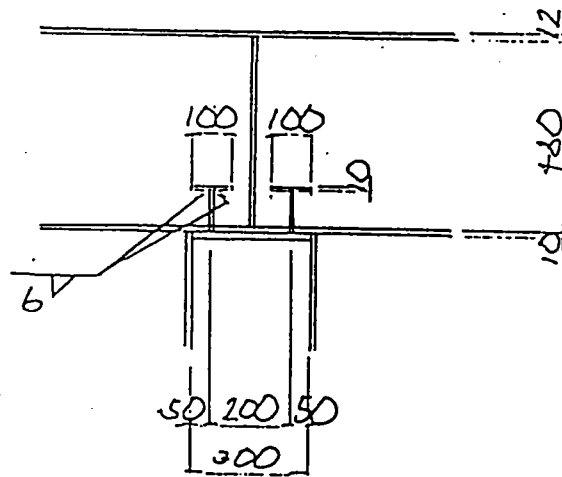
## 事例-II 損傷対策の整理表

損傷の名称	①上弦材の腐食による断面欠損				
損傷の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p>記事：主構上弦材、格点部の上フランジが腐食している。</p>				
原因推定	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%; vertical-align: top;">           外力によるもの：            継手や材料の強度上の問題点：            総合：         </td> <td style="width: 30%; vertical-align: middle; font-size: 2em;">}</td> <td style="width: 40%; vertical-align: middle;">           ガセット部の滞水による腐食           <ul style="list-style-type: none"> <li>・腐食量 1 mm</li> <li>・断面欠損 15%</li> <li>・範囲 格点をはさんで100 mm</li> </ul> </td> </tr> </table>		外力によるもの： 継手や材料の強度上の問題点： 総合：	}	ガセット部の滞水による腐食 <ul style="list-style-type: none"> <li>・腐食量 1 mm</li> <li>・断面欠損 15%</li> <li>・範囲 格点をはさんで100 mm</li> </ul>
外力によるもの： 継手や材料の強度上の問題点： 総合：	}	ガセット部の滞水による腐食 <ul style="list-style-type: none"> <li>・腐食量 1 mm</li> <li>・断面欠損 15%</li> <li>・範囲 格点をはさんで100 mm</li> </ul>			
発生傾向	損傷の大きさ、発生量等： 断面欠損率で最大15%の腐食箇所が見られる。				
対策の緊急性	進展性：すでに考えるべき最大荷重に対しては耐荷不足となっている(a)。 冗長性：主要部材であり、15%の欠損は耐荷力不足となっているため放置すると問題が出る(b)。				
評価	対策の時期：早期対策が必要である。(進行性が(a)、冗長性が(b)であるのでI Bとなる) 措置の方法： 長期的および構造全体に及ぼす影響：				
補修方法	補修工法の選定：上弦材上フランジに補強板を溶接すると同時に上面は重防食対策とする。 補修方法：部材上面に2組の補強板を溶接する。				
その他	施工上の問題点や検討課題等：				

対策図等

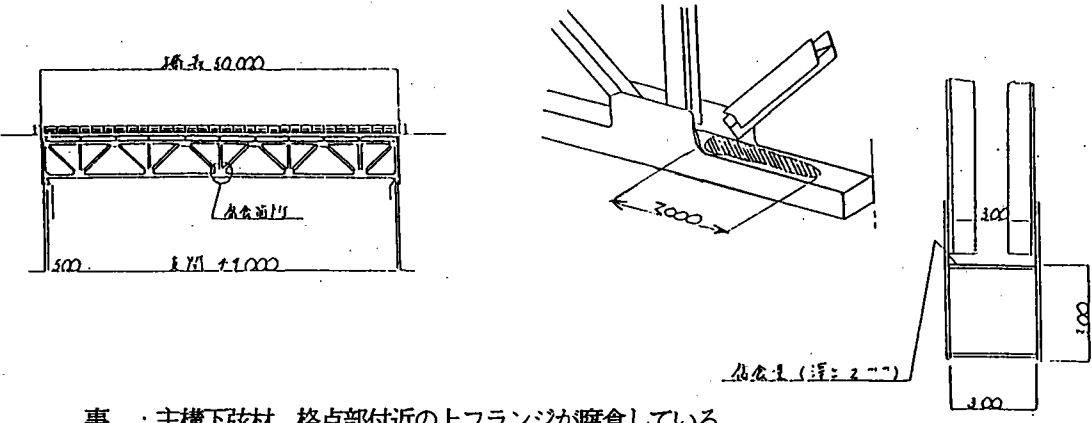


A-A 断面



- ① 4-P1 110 × 10 × 1000 (SM50A)
- ② 4-P1 110 × 10 × 900 (SM50A)

# 損傷対策の整理表

<p>損傷の名称</p>	<p>②下弦材の腐食による断面欠損</p>	
<p>損傷の概要</p>	 <p>記事 : 主構下弦材、格点部付近の上フランジが腐食している</p>	
<p>原因推定</p>	<p>外力によるもの :                  継手や材料の強度上の問題点 : } ガセット部の滞水による腐食                  総合 : }                  ・腐食量 2mm                  ・断面欠損 30%                  ・範囲 格点より2M</p>	
<p>発生傾向</p>	<p>損傷の大きさ、発生量等 : 断面欠損率で最大30%の腐食箇所が見られる。</p>	
<p>評価</p>	<p>対策の緊急性</p>	<p>進展性 : すでに考えるべき最大荷重に対しては耐荷不足となっている (a)。                  冗長性 : 主要部材であり、30%の欠損は耐荷力不足となっている。放置すると問題が出る (b)。</p>
<p>補修方法</p>	<p>対策の時期 : 早期対策が必要である。(進行性が(a)、冗長性が(b)であるのでIBとなる)                  措置の方法 :                  長期的および構造全体に及ぼす影響 :</p>	
<p>その他</p>	<p>補修工法の選定 : 下弦材側面腹板に補強板を溶接する当板方式による補強とすると同時に、上面は重防食対策をする。                  補修方法 : 部材側面(2面)にPLを溶接する。</p>	
<p>その他</p>	<p>施工上の問題点や検討課題等 :</p>	

対策図

対策工法の区分

当板補強

1. 対策名

カバープレートによる当板補強

2. 対策の主旨

断面欠損部の応力と低減させ、許容応力度以内とする

3. 対策の選定理由

部分的な腐食のため、腐食部の負担擦る応力と低減する

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

腐食部の前後にかけて補強プレートを溶接し応力を伝達させる

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法		数 量	重量 (kg)	材 質	備 考
皮	200 × 10	2200	2	69	SM490A	

溶接延長 (m)

種 別		寸 法	M	H	適 用
種別	材厚	長さ	個所数	合計	
鋼肉	6mm	2.200	4	8.800	現場
鋼肉	6mm	0.200	4	0.800	現場

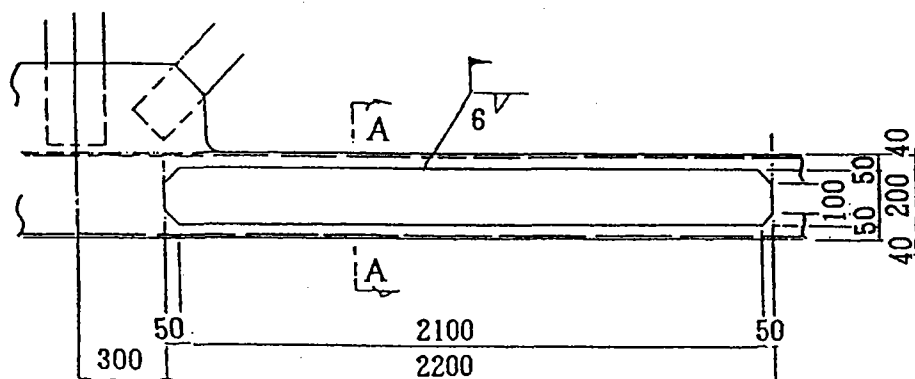
塗装面積 (㎡)

腐食部再塗装  
 $A_1 = 0.40 \text{ m}^2$   
 補強部現場塗装  
 $A_2 = 0.88 \text{ m}^2$   
 $\Sigma A = 1.28 \text{ m}^2$

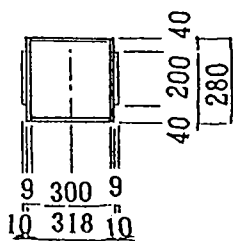
対策図

対策名 : カバープレートによる当板補強

対策図等

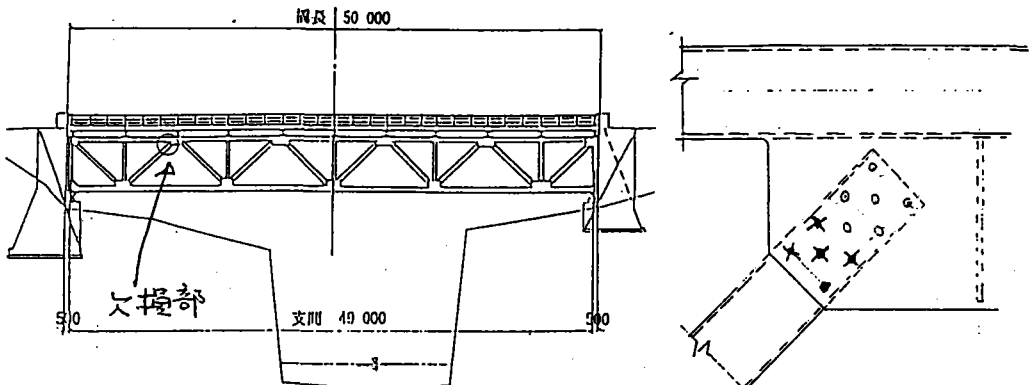


A-A断面



補強材料 : 2-PL 200 \* 10 \* 2200 (SM490A)

# 損傷対策の整理表

<p>損傷の名称</p>	<p>③斜材連結部リベットの欠損</p>	
<p>損傷の概要</p>	 <p>記事 : リベット頭が腐食で欠損している。22本中8本欠損している。</p>	
<p>原因推定</p>	<p>外力によるもの： 長年供用による腐食 (リベットの頭が50%欠損している)</p> <p>継手や材料の強度上の問題点：</p> <p>総 合：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・腐食量 1mm</li> <li>・断面欠損 20%</li> <li>・範囲 格点付近の腹板</li> </ul>	
<p>発生傾向</p>	<p>損傷の大きさ、発生量等： リベット頭の腐食で50%程度のリベットが頭の部分で腐食欠損、現状では強度上の問題は無い。 22本中8本腐食 リベットには弛みなし。</p>	
<p>評価</p>	<p>対策の緊急性</p>	<p>進展性：リベットの頭が欠食しているものの弛みは全くみられないので (c)</p> <p>冗長性：この部材については現状では問題にならない。</p>
<p>補修方法</p>	<p>対策の時期：</p> <p>措置の方法：</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響：リベットの頭が欠損、頭が少し残っている。</p>	
<p>その他</p>	<p>補修工法の選定：リベットに弛みがないこと、リベット頭が残っており、防食塗装を行うことで、<u>現状では補修の必要性なし</u></p> <p>補修方法：</p>	
<p>その他</p>	<p>施工上の問題点や検討課題等：</p>	



## 事例-II 損傷対策の整理表

損傷の名称	④縦桁下フランジの腐食による断面欠損		
損傷の概要	<p style="margin-top: 10px;">事：縦桁の下フランジ上面が腐食している。</p>		
原因推定	<p>外力によるもの：</p> <p>継手や材料の強度上の問題点：</p> <p>総 合：雨水の飛散により、下フランジ上面に滞水したため。</p>		
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等：縦桁の下フランジが、腐食によって部分的に15%程度の断面欠損を起こしている。</p>		
評 価	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; padding: 5px;">対策の 緊急性</td> <td style="padding: 5px;"> <p>進展性：すでに必要耐荷力ぎりぎりまできている(a)。</p> <p>冗長性：このまま放置して、他の並列縦桁の負担が大きくなるまでになると問題(b)。</p> </td> </tr> </table> <p>対策の時期：早急に対策する必要がある。</p> <p>措置の方法：下フランジにプレートを溶接して補強する。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響：</p>	対策の 緊急性	<p>進展性：すでに必要耐荷力ぎりぎりまできている(a)。</p> <p>冗長性：このまま放置して、他の並列縦桁の負担が大きくなるまでになると問題(b)。</p>
対策の 緊急性	<p>進展性：すでに必要耐荷力ぎりぎりまできている(a)。</p> <p>冗長性：このまま放置して、他の並列縦桁の負担が大きくなるまでになると問題(b)。</p>		
補修方法	<p>補修の時期：耐荷力不足となっているので補強が必要。</p> <p>補修工法の選定：必要な強度を確保するための部材補強を施すと同時に下フランジの上面は重防食対策をする。</p> <p>補修方法(案)：別紙に示す方法で補強する。</p>		
その他	<p>施工上の問題点や検討課題等：旧部材との上向き溶接は、十分な施工管理が必要となる。</p>		

対策図

対策工法の区分

部材補強

1. 対策名

下フランジに対する部材補強

2. 対策の主旨

腐食した断面欠損をPLを溶接して補強する

3. 対策の選定理由

現地溶接なので主は溶接でPLを取り付ける

断面の剛性UPを考えず腐食した断面欠損を補強している。

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

両端は応力集中が発生する為ナメラカな溶接を行う

一部上向き溶接部は溶接後グラインダー仕上げを行う

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法		数 量	重量 (kg)	橋 要	材 質
1-PL	200×10	3.500	1	55		SS400

溶接延長 (m)

塗装面積 (㎡)

種 別		寸 法	M	H	適 用
スリ肉		6 mm	7400		

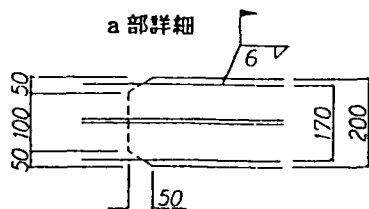
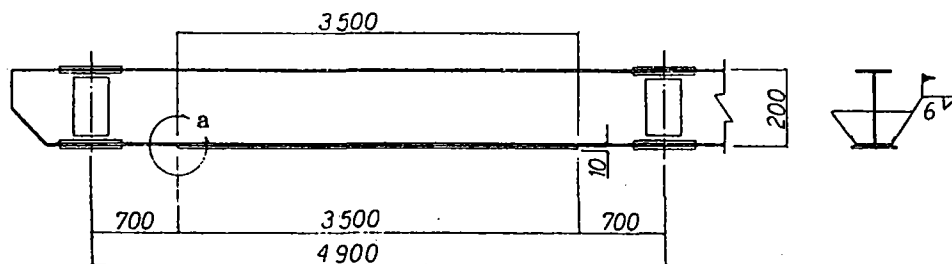
・全面塗装塗り直し

対策図

対策名： 下フランジに対する部材補強

対策図等

- 1 縦桁下フランジにPLを溶接する。



補強材料： 1-PL 200 \* 10 \* 3500 (SS400)

溶接延長： 7.400 m ( 6 mm 換算)

重量： W = 55 kg

今回は縦桁下フランジにPLを溶接する案を採用する。

# 損傷対策の整理表

損傷の名称 ⑤横桁腹板の腐食による断面欠損	
損傷の概要	<p>                     記 事 : 腹板が腐食した孔が2カ所見られる                 </p>
原因推定	外力によるもの： 継手や材料の強度上の問題点： 総 合 : 排水管からの漏水が常にかかり腐食させた。
発生傾向	損傷の大きさ、発生量等： 排水設備にゴミが詰まって、漏水している箇所の端横桁で、2ヶ所の腐食に依り腹板に小さな孔があいている。
対策の緊急性	進展性： 放置すると強度に影響する。(a) 冗長性： 広範囲に孔食が広がると問題となる。(a)
評 価	対策の時期 : 早急に対策する必要がある。 措置の方法 : 孔のあいたWebを添接板形式で補強する。 長期的および構造全体に及ぼす影響：
補修方法	補修の時期 : 早期対策が必要。 補修工法の選定： 部分的な当板補強が必要。 補修方法(案)： 孔食部の錆を落として樹脂をつめ、上から当板する。なお、当板はボルトで取付ける。
その他	施工上の問題点や検討課題等： 排水装置のゴミを除去し、補修を行う。

対策図

対策工法の区分

部材補強

1. 対策名

部材補強

2. 対策の主旨

断面欠損部の応力と低減させ、許容応力度以内とする

3. 対策の選定理由

部分的な腐食のため、腐食部の負担擦る応力と低減する

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

腐食部の前後にかけて補強プレートを溶接し応力を伝達させる

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重量 (kg)	材 質	備 考
板	110 × 10	1000	35	SM490A	
"	"	900	28	"	

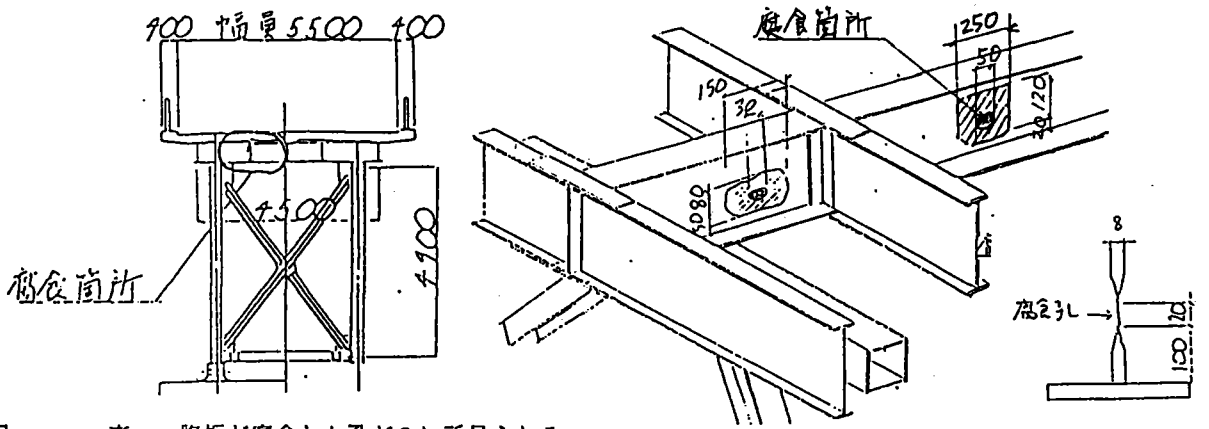
溶接延長 (m)

種 別		寸 法	M	H	適 用
種別	サイズ	長さ	個所数	合計	
すみ肉	6mm	0.900	8	7.200	工物
すみ肉	6mm	0.869	8	6.952	現場
すみ肉	6mm	0.060	8	0.480	現場
すみ肉	6mm	0.100	8	0.800	現場

塗装面積 (㎡)

腐食部再塗装.  
 $A_1 = 0.24 \text{ m}^2$   
 補強板現場塗装.  
 $A_2 = 1.60 \text{ m}^2$   
 $\Sigma A = 1.84 \text{ m}^2$

事例-Ⅱ 損傷対策の整理表

<p>損傷の名称</p>	<p>⑤横桁腹板の腐食による断面欠損</p>	
<p>損傷の概要</p>	 <p>記 事 : 腹板が腐食した孔が2カ所見られる</p>	
<p>原因推定</p>	<p>外力によるもの :</p> <p>継手や材料の強度上の問題点 :</p> <p>総 合 : 排水管からの漏水が常にかかり腐食させた。</p>	
<p>発生傾向</p>	<p>損傷の大きさ、発生量等 : 排水設備にゴミが詰まって、漏水している箇所の端横桁で、2ヶ所の腐食に依り腹板に小さな孔があいている。</p>	
<p>評 価</p>	<p>対策の 緊急性</p>	<p>進展性 : 放置すると強度に影響する。(a)</p> <p>冗長性 : 広範囲に孔食が広がると問題となる。(a)</p>
<p>補修方法</p>	<p>対策の時期 : 早急に対策する必要がある。</p> <p>措置の方法 : 孔のあいたWebを添接板形式で補強する。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響 :</p>	
<p>補修方法</p>	<p>補修の時期 : 早期対策が必要。</p> <p>補修工法の選定 : 部分的な当板補強が必要。</p> <p>補修方法(案) : 孔食部の錆を落として樹脂をつめ、上から当板する。なお、当板はボルトで取付ける。</p>	
<p>その他</p>	<p>施工上の問題点や検討課題等 : 排水装置のゴミを除去し、補修を行う。</p>	

対策図

対策工法の区分

当板補強

1. 対策名

添接板及び不等辺山型鋼により両面から補強し、H. T. Bolt  
で締め付ける。

2. 対策の主旨

孔食部の錆を落とし、腐食した断面欠損の激しい腹板下端、下フランジ  
上面に不等辺山型鋼の補強を行う。

3. 工法の選定理由

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

腐食部の錆を落とし、エポキシ樹脂等を塗布し  
硬化してからH. T. Boltで締め付ける。

5. 数量表等

腐食部の寸法が多少異なるが、同様な補修を行う。

材料法

1ヶ所 x 2

種類	寸法	数量	重量 (kg)	橋要	材質
PL	260 x 9	755	2	14	SS400
L	150 x 90 x 1/2	755	2	25	"
H.T. Bolt	M 22	65	12		F10T
"	"	70	6		"
"	"	80	12		"
エポキシ樹脂		一式			

溶接延長 (m)

種別	寸法	M	H	適用

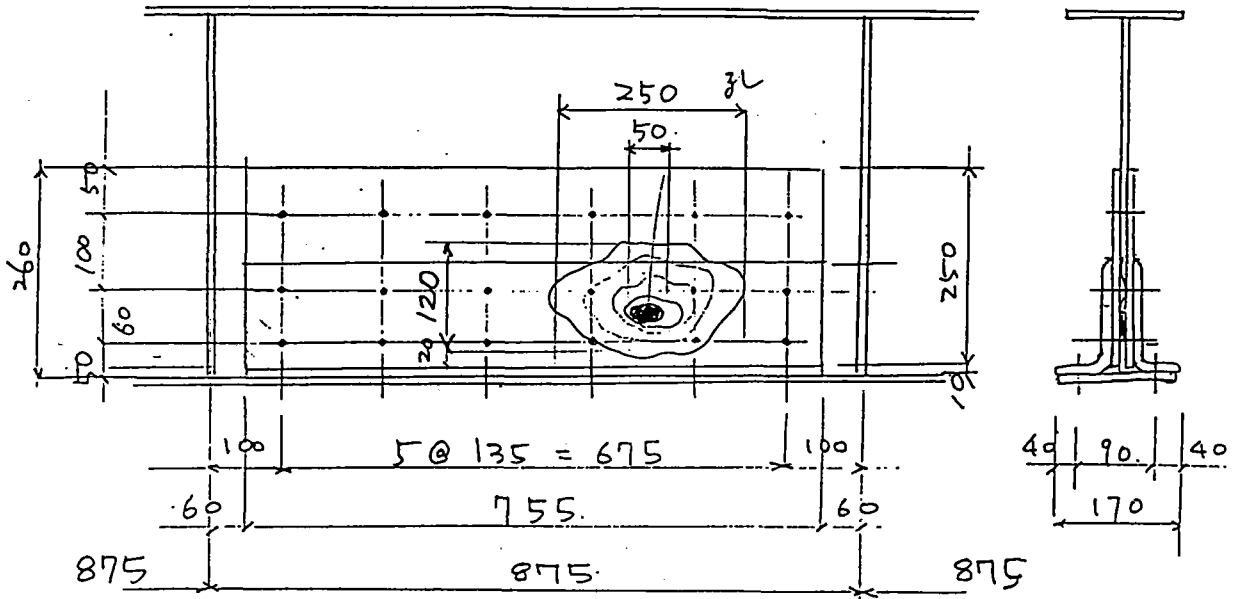
塗装面積 (㎡)

全面塗装塗り  
直し

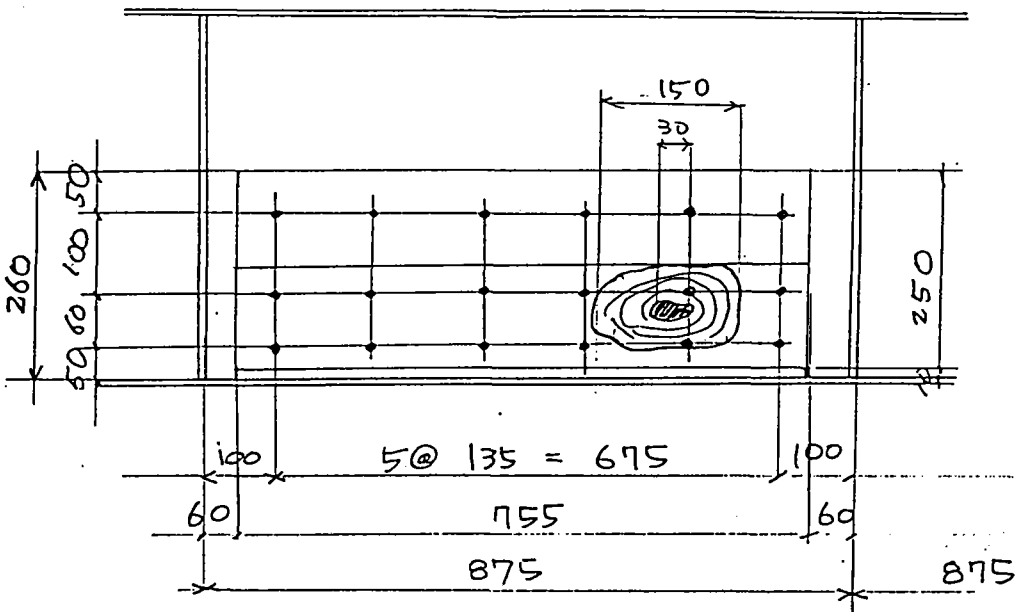
対策図

対策名 : 添接板で補強する。

対策図等



- ..2-PL 260x9x755.
  - ..2-L 150x90x9/12x755.
  - ..6-H.T.Bolt. M22x70 (F10T)
  - ..12-H.T.Bolt M22x65 (F10T)
  - ..12-H.T.Bolt. M22x80 (F10T)
- } x 24 桁





# 損傷対策の整理表

損傷の名称		⑥ 下支材連結部リベットの弛み
損傷の概要	<p>リベットの弛み</p> <p>3本のリベットが明らかに緩んでいる。</p> <p>●：弛んでいるリベット</p> <p>リベット径 22mm                  リベット孔 23.5mm                  (鋼橋設計資料より)  <math>\tau_s = 1000\text{kg/cm}^2</math> (工場)  <math>\sigma_s = 3801\text{kg}</math>                  横構の設計で使用</p> <p>下弦材</p> <p>下支材</p> <p>60mm</p> <p>リベット継手部詳細</p>	
記事	3本のリベットが明らかに弛んでいる。	
原因推定	外力によるもの： 衝突による過大荷重が作用している他、風、地震、活荷重などの繰り返し荷重も受けた。 継手や材料の強度上の問題点： 総合： 衝突により過大荷重が作用し、さらに、繰り返し荷重が載荷され、弛みが進行した。	
発生傾向	損傷の大きさ、発生量等： 片側6本のうち、2本が明らかに弛んでいる。(約33%) (全体では12本のうち、3本が弛んでいる)	
評価	対策の緊急性	進展性： 6本全部の弛みにつながるのは以外に早い(a)。 冗長性： 対象の支材がなくなれば、構造全体としての安定性は低下する(c)。
	対策の時期	2年以内
補修方法	措置の方法	原因が衝突による衝撃力であるだけに、一群のリベットを高力ボルトに交換するのがよい。 長期的および構造全体に及ぼす影響： 6本のリベットが全て弛み、リベットの破断も考えられる。したがって、進行すれば機能低下の恐れもあるため早期対策が有利である。
	補修工法の選定	リベット群単位でHTBに交換する。部分交換であると表面処理ができず、高力ボルト接合の摩擦による伝達が十分に期待できないので、全量交換とする。 リベット頭撤去 ⇒ リベット軸抜き ⇒ 表面ケレン ⇒ 抜孔 ⇒ 高力ボルトの締め付け HTBは摩擦接合同程度の軸力が導入されるよう締め付ける。また、F10T、M22を使用する。
その他	施工上の問題点や検討課題等： 一時的に、完全に分離するので、支保工で支持することが好ましいが、元来、風荷重に抵抗するよう設計された部材であるので、必ずしも必要としない。但し、強風時の施工は避ける。	

対 策 図

対策工法の区分

部材交換

1. 対策名

高力ボルトによる全量交換

2. 対策の主旨

対象支材がなくなっても直接全体崩壊にはつながらないが、構造全体としての安定性が低下するので、補修計画に入れて2年目以内を目途に補修を行なう。

3. 対策の選定理由

以下の2つの理由で、部分交換とせずに全量交換とした。

① 現場継手なので、リベットが完全に充填されていないことも考えられるので安全策をとった。

② 部分交換であると表面処理ができず、高力ボルト接合の摩擦による伝達が十分期待できない。

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

リベットを群単位でHTBに交換する。

強風時の施工は避ける。

5. 数量表等

材料表

種 類	寸 法		数 量	重 量 (kg)	材 質	備 考
P L	230×8	330	2	10	SS400	
H T B	M22	65	12	7	F10T	

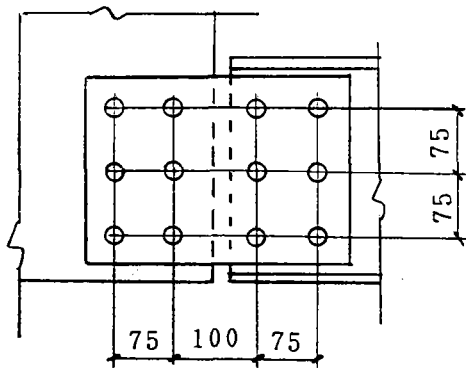
塗装面積 (m<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 A &= \{(0.23+0.10) \times (0.33+0.10) \\
 &\quad + 0.008 \times (0.23+0.33) \times 2\} \times 2 \\
 &= 0.302
 \end{aligned}$$

対策図等

高力ボルトによる全量交換（12本）

軸力：摩擦接合と同じ



2-P1. 230 × 8 × 330 (SS400)

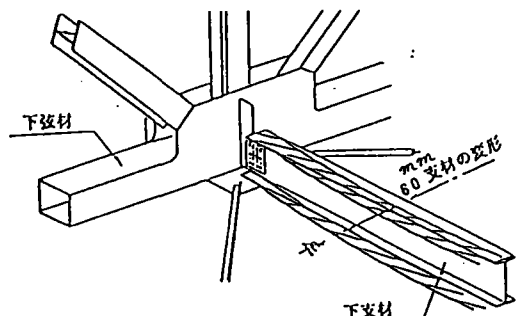
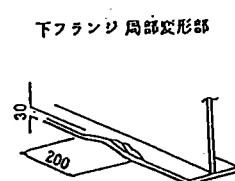
12-HTB M22 × 65 (F10T)

軸力：摩擦接合と同じ

現場塗装面積：添接部から50mmの範囲とする。

0.302m<sup>2</sup>

# 損傷対策の整理表

損傷の名称	⑦ 下支材曲がり変形とフランジの局部変形	
損傷の概要	<p style="text-align: center;">下フランジ局部変形</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="margin-top: 10px;">記 事 : 変状部が拘束支点部に近く、やや圧縮域にかかっている。</p>	
原因推定	<p>外力によるもの : 流木の衝突による変形</p> <p>継手や材料の強度上の問題点 : 特になし。</p> <p>総 合 : 流木の衝突により、局所的な変形と部材全体の曲がり変形を起こした。</p>	
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等 : 半径100mm程度の範囲、面外へのはらみ出し30mmの局部変形 部材の中央で60mm偏心した部材全体の曲がり変形。</p>	
評 価	対策の緊急性	<p>進展性 : 荷重の大きさによっては、座屈上の問題がある。</p> <p>冗長性 : 二次部材ではあるが、最大荷重の大きさによっては問題となることもある(c)。</p>
	<p>対策の時期 : 台風などの強風や地震時に問題となることも考えられるので、出来るだけ早い対策がよい。</p> <p>措置の方法 : 加熱矯正でできるだけ変形をとり、補強のために当板する。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響 : 二次部材でもあるので、車両荷重に対しては特に問題とならないが、風や地震によっては構造上不安定ともなる可能性がある。</p>	
補修方法	<p>補修工法の選定 : ①全体曲がり変形を矯正する。 ②加熱矯正によりはらみ出しを水平に戻し、添接板を高力ボルトで締付けて補強する。(別紙参照)</p>	
その他	<p>施工上の問題点や検討課題等 : 加熱矯正で十分に変形が直れば、当板の必要はなくなる。したがって、施工者と事前に打ち合わせ、仕上がりの程度を予想して施工計画をたてるのが望ましい。</p>	

1. 対策名

高力ボルトによる当板補強

2. 対策の主旨

荷重の大きさによっては、座屈を起こす可能性があるため、できるだけ早く対策を行なう。

3. 対策の選定理由

面外へのはらみ出しが30mmであり、変形部が拘束支点に近く、圧縮域にかかっているため安全策をとった。

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

加熱矯正後、高力ボルトと添接板によって補強を行なう。

加熱矯正で十分変形が直れば当板の必要はなくなるため、施工業者と事前に打ち合せて施工計画を立てるのが望ましい。

5. 数量表等

材料表

種類	寸 法		数量	重量 (kg)	材質	備考
P L	60×8	330	2	3	SS400	
H T B	M20	60	5	2	F10T	

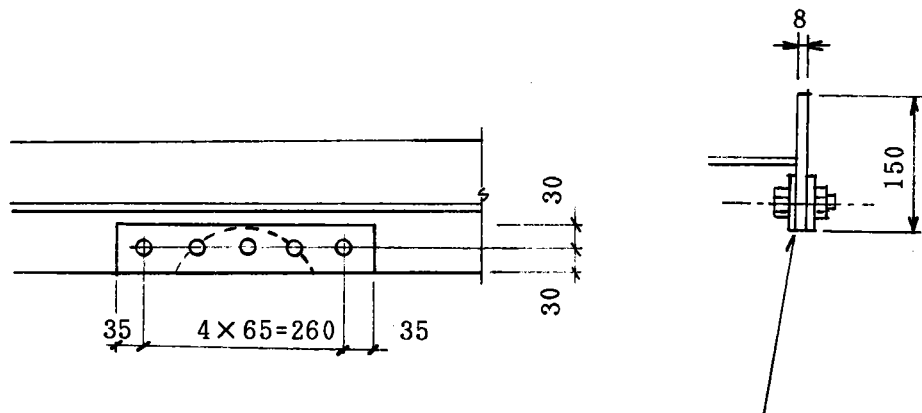
塗装面積 (m<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 A &= \{ (0.06+0.05) \times (0.33+0.10) \\
 &\quad + 0.008 \times (0.06+0.33) \times 2 \} \times 2 \\
 &\quad + 0.008 \times (0.33+0.10) \\
 &= 0.111
 \end{aligned}$$

対策図

対策名：高力ボルトによる当板補強

対策図等



腐食部の錆を落とし、  
エポキシ樹脂等を塗  
布し硬化してから、  
HTBで締めつける。

2-P1 60×8×330(SS400)

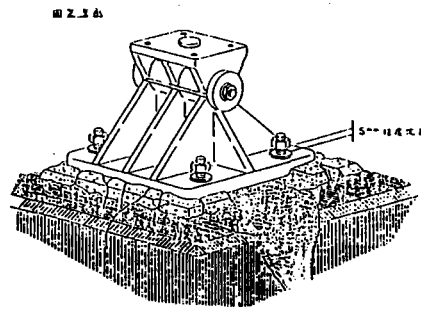
5-HTB M22×65(F10T)

軸力：摩擦接合と同じ

現場塗装面積：添接部から50mmの範囲とする。

$0.111\text{m}^2$

# 損傷対策の整理表

損傷の名称	⑧固定支承のシュー座モルタルの損傷	
損傷の概要		
	<p>記事： 固定シューのシュー座が破損し、5mm程度沈下して三点支持となっている。</p>	
原因推定	<p>外力によるもの： 可動シューの可動不足による最大負荷の作用。</p> <p>継手や材料の強度上の問題点： ① シュー座モルタルの材料の不適正。 ② 鋼製ライナーの残存。</p> <p>総合：</p>	
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等： シュー座モルタルが破損しシューが5mm程度沈下しているが、シュー本体の破損までには至っていない。</p>	
	対策の 緊急性	<p>進展性： シュー座の破損急速には広がっていくので (a)</p> <p>冗長性： シュー座の破損が進むと大きく機能低下となる (b)</p>
評価	<p>対策の時期： 早急 (1~2年) に対策する必要がある。(進展性 (a) 冗長性 (b) でIBとなる)</p> <p>措置の方法： シュー座モルタルを再施工する。</p> <p>長期的および構造全体 に及ぼす影響： 橋梁の上下部工の接点であり、シューの損傷は他の周辺部材に及ぼす影響が大である。</p>	
補修方法	<p>補修工法の選定： ジャッキアップ ⇒ シュー座モルタルのはつり ⇒ シューを所定位置にセット ⇒ モルタル充填</p>	
その他	<p>施工上の問題点や検討課題等： 破損しているシュー座モルタルは十分にはつり取ってから新しく注入必要がある</p>	

対策図

対策工法の区分

モルタルの打替え

1. 対策名

シュー座モルタルの打ち替え

2. 対策の主旨

放置すると橋梁全体の耐力を低下させるためシュー座モルタルを再施工する。

3. 対策の選定理由

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

下部工の変位が進行中であるか、また上部工本体の損傷の有無は確認する必要がある。

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重量 (kg)	材 質	備 考
尺	150 × 22	750	2	39	SS400
"	350 × 22	850	2	103	"
"	250 × 22	350	2	30	"
"	100 × 19	650	4	39	"
"	165 × 12	720	4	45	"
HTB	M22	90	36	22	F10T
				278	

溶接延長 (m)

種 別	溶接サイズ	延 長	備 考
	K	1.5	

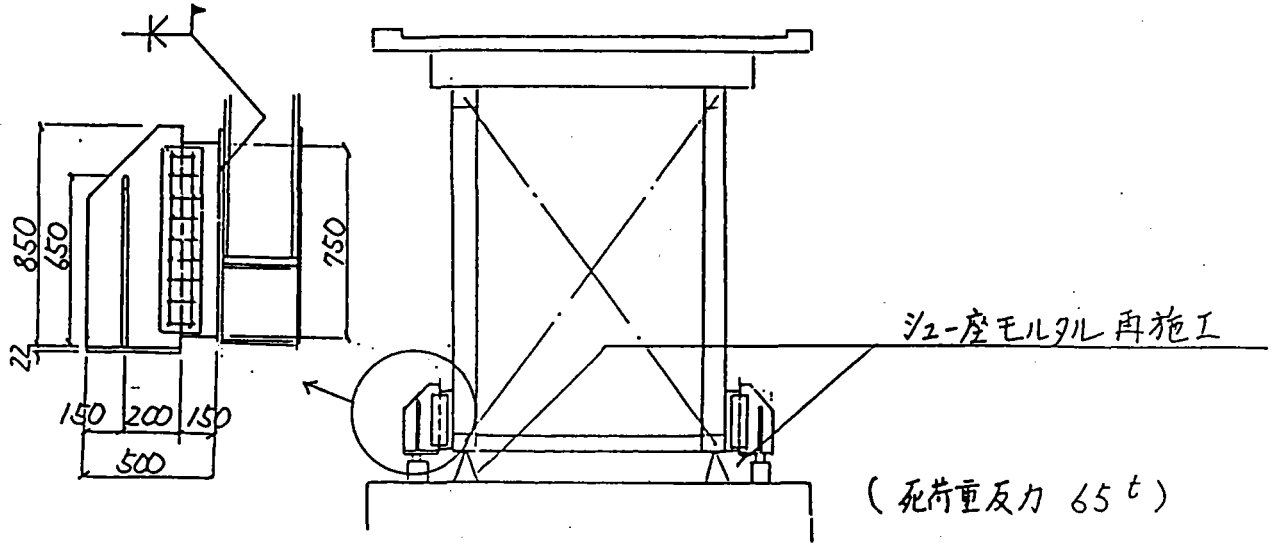
モルタル体積  
0.07 m<sup>3</sup>



対策図

対策名：シュー座モルタルの打替え

対策図等

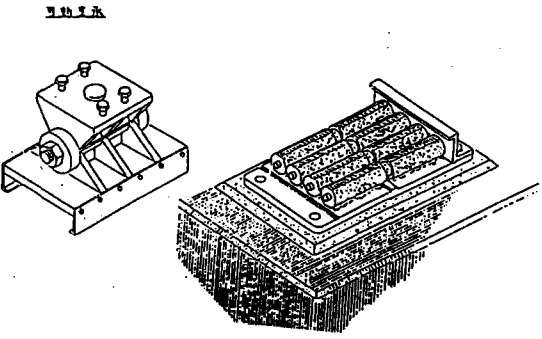


無収縮モルタル体積

$$\begin{aligned}
 0.500 \times 0.550 \times 0.05 &= 0.014 \\
 0.100^2 \times \pi/4 \times 0.700 \times 4 &= 0.022 \\
 - 0.038^2 \times \pi/4 \times 0.615 \times 4 &= -0.003
 \end{aligned}$$

1基分 0.033 m<sup>3</sup>  
 2基分 0.066 m<sup>3</sup>

# 損傷対策の整理表

<p>損傷の名称 ⑨可動支承の土砂堆積による腐食</p>	
<p>損傷の概要</p>	 <p>記事 : ローラー部にゴミが堆積し、ローラーおよび底板の腐食が進行し、シューは全く動けない状態になっている。</p>
<p>原因推定</p>	<p>外力によるもの :</p> <p>継手や材料の強度上の問題点 :</p> <p>総合 : 伸縮継手等からの土砂やゴミを含んだ水の漏れて埋積したため。</p>
<p>発生傾向</p>	<p>損傷の大きさ、発生量等 : シューは土砂に半分程度埋まり腐食が著しく、ほとんど可動できない状態にある。</p>
<p>対策の緊急性</p>	<p>進展性 : 既に機能が果たせなくなっている (a)。</p> <p>冗長性 : 可動不良によりシュー座の破損、シューおよび鋼桁本体の破損に影響する (a)。</p>
<p>評価</p>	<p>対策の時期 : 早急に対策する必要がある。(進展性 (a), 冗長性 (a) で I B となる)</p> <p>措置の方法 : シューを取りかえる。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響 : 橋梁の上下部工の接点であり、シューの損傷は構造物全体におよぼす影響が大である。</p>
<p>補修方法</p>	<p>補修工法の選定 : 仮支点で桁を支えシューを取りかえる。</p>
<p>その他</p>	<p>施工上の問題点や検討課題等 : 補修後は土砂および雨水の浸入を防ぐ対策が必要。また、防塵カバーの設置も検討する。</p>

対策図

対策工法の区分

部材交替

1. 対策名

部材（可動シュー）の取り替え

2. 対策の主旨

可動シューとしての機能を回復させる。

3. 対策の選定理由

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重量 (kg)	材 質	備 考
R	150 x 22	750	2	39	SS400
ク	350 x 22	850	2	103	"
ク	250 x 22	350	2	30	"
	100 x 19	650	4	39	"
	165 x 12	720	4	45	"
HTB	M22	90	36	22	F10T
シュー	(道路協会標準シュー-100Tヒソ-7)		2	1170	100 <sup>TON</sup> (H)
				1448	

溶接延長 (m)

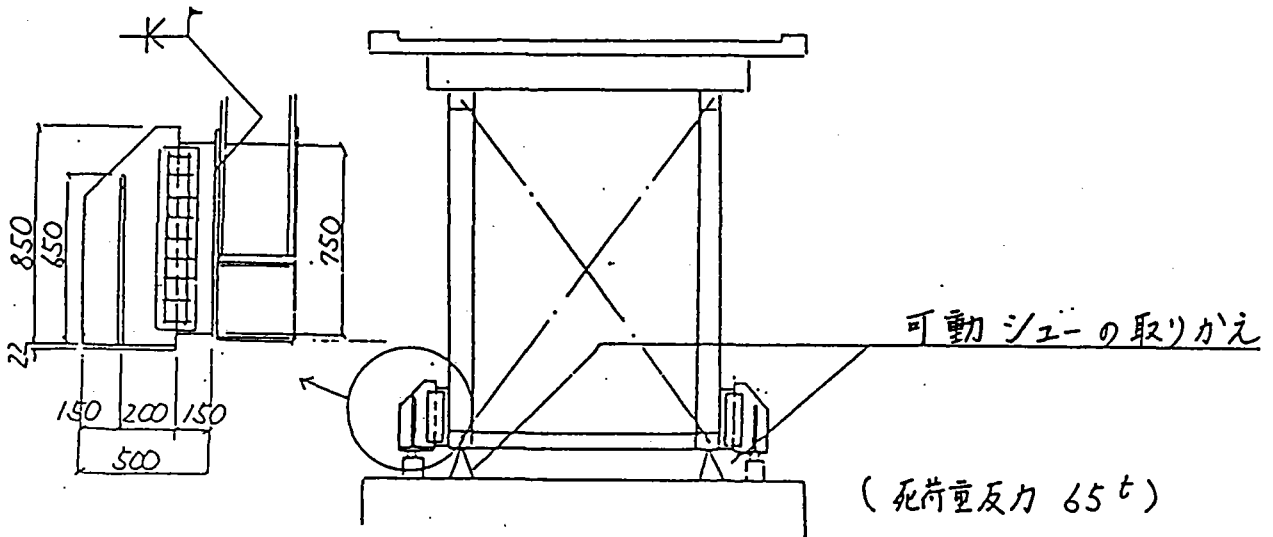
種 別	溶接サイズ	延 長	備 考
	K	1.5	

モルタル体積  
0.092 m<sup>3</sup>

対策図

対策名：部材（可動シュー）の取り替え

対策図等



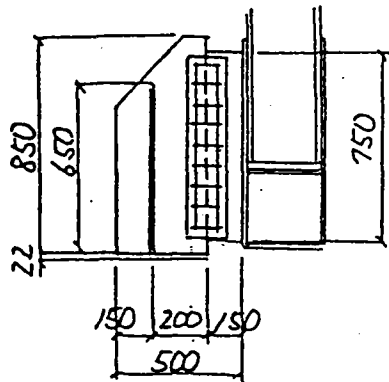
無収縮モルタル体積

$$\begin{aligned}
 0.700 \times 0.800 \times 0.05 &= 0.028 \\
 0.100^2 \times \pi/4 \times 0.600 \times 4 &= 0.019 \\
 - 0.028^2 \times \pi \times 0.435 \times 4 &= -0.001
 \end{aligned}$$

1基分 0.046 m<sup>3</sup>  
2基分 0.092 m<sup>3</sup>

# ジャッキアップ用ブラケットの計算

設計反力  $R = R_d \times 1.5 = 65 \times 1.5 = 98 \text{ t}$   
不均等

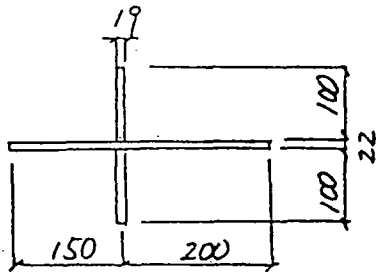


(1) ブラケット取付ヒース  $t = 22$  (SS400)

作用モーメント  $M = 98 \times 0.35 = 34.3 \text{ t}\cdot\text{m}$

$$\sigma = \frac{34.3 \times 10^5}{\frac{2.2 \times 75^2}{6}} = 1663 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_a = 1.25 \times 1400 = 1750 \text{ kgf/cm}^2$$

(2) 補剛材



2-片	100 × 19 (SS400)	38.0 cm <sup>2</sup>
1-片	350 × 22 ( " )	77.0

$$115 \text{ cm}^2 > 1.7 \times 38 = 64.6 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} \times 1.9 \times 22.2^3 = 1732 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1732}{115}} = 3.9$$

$$l/r = 65.0 / 3.9 = 16.7 < 20 \rightarrow \sigma_{ca} = 1.25 \times 1400 = 1750 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{98000}{64.6} = 1517 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{ca}$$

溶接長の照査 (11mm ねり肉)

$$\tau = \frac{2 \times 98000}{4 \times 1.1 \times 0.707 \times 65.0} = 969 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_a = 1.25 \times 800 = 1000 \text{ kgf/cm}^2$$