

3. 評価および補修設計

3. 1 評価および補修設計の概要

本橋は高速道路に供用されて20年になる溶接構造の鋼橋で、いくつかの疲労亀裂が発生していることが定期検査で見つかった。

検査の結果を受けて、その損傷に対し損傷の度合いを照査するとともに、補修計画をたてた。

今回、対策を検討した損傷は次のとおりである。

- ①主桁と分配横桁の交差部に生じた亀裂
- ②主桁腹板ガセット端部に生じた亀裂
- ③水平補剛材端部に生じた亀裂
- ④ソールプレート端部に生じた亀裂
- ⑤端対傾構ガセット部に生じた亀裂
- ⑥分配横桁切欠き部に生じた亀裂
- ⑦横桁を連結した垂直補剛材接合部に生じた亀裂

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を講ずるための検討内容は、損傷一ヶ所につき一葉の「損傷対策の整理表」を設け書式を統一してまとめることにした。これは今後のデータベース化にも利用できるものである。

「整理表」の内容は次のとおりである。

「損傷の概要」：検査結果により、損傷図と記事により損傷の概要を示す。

「原因推定」：原因を外力的なものと、強度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もの）および冗長性（構造全体の崩壊や機能低下に及ぼす影響）から判断する。（進行性・冗長性の用語説明はP.47に示す）

・対策の時期・措置の方法を定める。

・長期的 ^{および} 構造に及ぼす影響も念のために想定してみる。

「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ようにしておく。

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

損傷の程度に合わせて対策時期が決められるようにするため、損傷の評価判定基準を設ける必要がある。

現在、道路橋については必ずしも共通した損傷の評価基準として示されたものはない（表3-6にその比較表を示す）ので別途指標を設けることにした。

ちなみに、鉄道橋について、以下に示すような標準的基準が示されている。

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)

ここではこれらの実績や道路橋の基準化における推移の主旨をふまえて、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鉄道橋の例を参考にして設定してみた。

(表3. 1)

表3. 1 損傷に対する判定区分

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

- ①放置すると他に多大な影響を及ぼすもの。
- ②多発する可能性のあるもの。
- ③早期対策が維持管理上著しく有利なもの。
- 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。
- ⑤構造物としての重要度が特に高いもの。

表3. 3 組合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結果となったもの。
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（品）の破断等に達する可能性のある結果となったもの。
c	変状が発生しても計算上設計想定寿命は満足できる結果となったもの
s	変状が発生しても通常はほとんど進展しないか、進展しても設計寿命を十分に満足できる結果となった。

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	部材や構造物の著しい機能低下や崩壊に結びつく可能性の高いもの。
b	かなり大きく進行した時に部材や構造物の著しい機能低下や崩壊に結びつく可能性のあるもの。
c	一般的には大きく影響しないと思われるが、長期的には構造物に重大な影響を及ぼす可能性のあるもの。
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 5	判定1	D はくは 判定D	A	E	A	Critic- cal	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
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	ランクA	ランク	判定3	B はくは 判定B	B			C	Fair	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	3				判定4	C				B	Good
現状では 影響なし	軽 微	重点的に措置	ランクB	ランク 2	判定5	A はくは 判定A	D			A	D	New		
影響なし	健 全		判定C はくは ランクC	ランク 1				D	A				D	New

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、発見された損傷が進行した場合、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ある。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行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、「変状の種類」、「発生した位置」、「量」、「交通量」などの要因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破壊もしくは、機能を失うに至らないための能力の有無や大きさ”を表す尺度ということもできる。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破壊等、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。

ここでの評価は「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」等の要因を反映したものである。

「進行性」および「冗長性」に対するランク付けは表3.4に示したものを目安として行われる。次に、これらを組み合わせた判定を表3.5に示す区分に従って行う。

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」にまとめる。主な作業の内容を以下に示す。

- (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）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」の作成 : 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・実測等も行う。

6. 補強効果の確認参照) P.125

- (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、これ以外に設計協議・施工計画・積算に関する作業も必要となる。

- (8) 設計協議 : 発注者や施工者との打合せ、図面う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」 : P.142参照

3. 3. 2 「対策図」

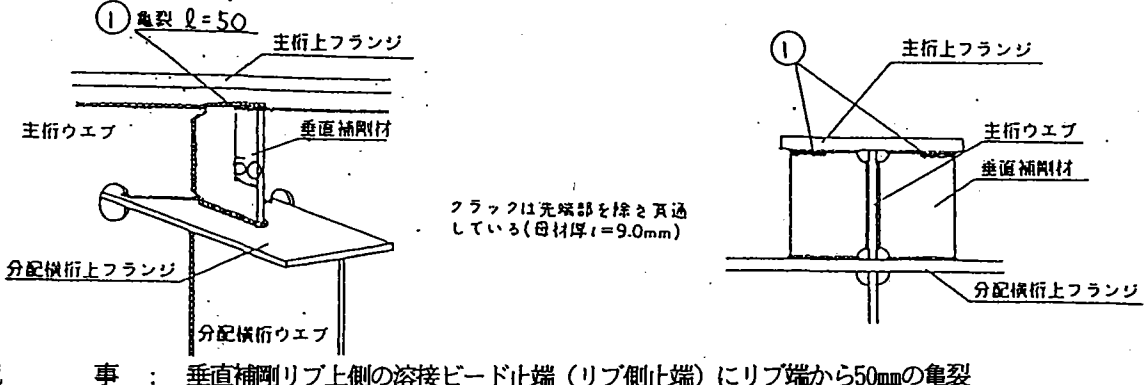
設計作業は損傷1ヶ所につき一葉の「対策図」（補修設計図）としてまとめる。

その内容は次のとおりである。

- 「 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 」 : 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。

3.4 各損傷に対する対策

損傷対策の整理表

損傷の名称	① 主桁と分配横桁の交差部に生じた亀裂	
損傷の概要	 <p>記事：垂直補剛リブ上側の溶接ビード止端(リブ側止端)にリブ端から50mmの亀裂</p>	
原因推定	<p>外力によるもの：床版のたわみにより生じた圧縮力および隣接桁とのたわみ差によって生じる分配桁からの力が合成されてビード部に過大な力の作用することを心配し、既に行われていた応力測定の結果を調べると本橋の場合はこのことによる応力は非常に小さかった。</p> <p>継手や材料の強度上の問題点：深さ0.5mm程度のアンダーカットが残留し早期に割れの生じていた可能性が高い</p> <p>総合：許容値内とはいえ大きくなるとい切欠をもつアンダーカットが早期に割れとなったもので、残留応力によって進展したものと思われる。</p>	
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等：亀裂は、ビード止端に沿って50mm程度進展している。</p> <p>当橋において、この種の亀裂は今のところここだけで見られるが、同条件の箇所は多数あるので今後の検査では注意が必要である。</p>	
対策の緊急性		<p>進展性：計算上5年以内で亀裂が全幅に達する結果となるので(a)。</p> <p>冗長性：進展してもリブのみの破断であれば、桁全体の強度に直接影響しないので(s)。</p>
評価	<p>対策の時期：時期をみて(4~5年以内)補修が必要となるII。(aとsの組み合わせから決まる)</p> <p>措置の方法：当橋については原因からみて必ずしも多発する可能性が高いわけではないが、当面延命化のための処置を行う。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響：一つの亀裂はそれ程大きな影響はないが、発生数が非常に多くなると、維持管理に手間がかかる。</p>	
補修方法	<p>補修工法の選定：他の箇所についてもよく検査し、問題となれば亀裂の発生前でもビード止端強度を改良するための対策を行っていく必要がある。なお、スラブや桁のたわみ差が非常に大きく、局部的対策で済まない時は、スラブの改良や分配桁の増設が必要であるが、今回は原因が異なることや、当面延命化を図ることを主体にするため下記の対策のみとした。</p> <p>補修方法：亀裂部を完全に除去するためガウジングする-再溶接-TIG処理 P105参照</p>	
その他	<p>施工上の問題点や検討課題等：TIG処理は、比較的馴染みのうすい施工法である上に、せまい場所での作業となるので、施工前にはある程度の訓練と施工性の確認が必要となる。また、塗膜の除去には配慮が必要となる。</p>	

1. 対策名

溶接部ののど厚とTIG処理 (P.105 参照)

2. 対策の主旨

のど厚増加により応力度を低下させるとともに止端部をTIG処理により整形し応力集中の緩和を図る。

3. 対策の選定理由

繰り返しの作用力に対して溶接部が強度不足と判定されたため

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

せまい場所での作業となるので施工性の確認が必要となる

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重量 (kg)	材 質	備 考

溶接延長 (m)

塗装面積 (㎡)

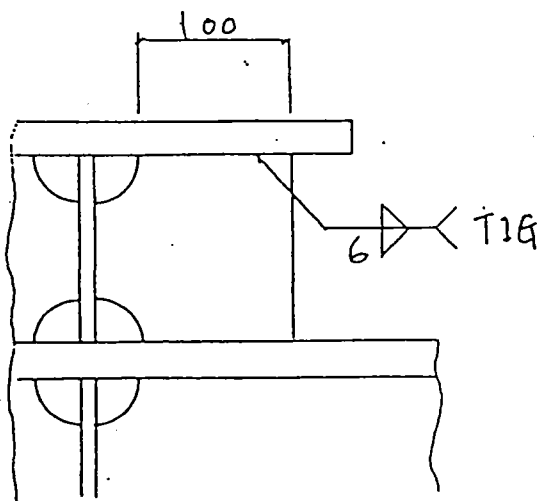
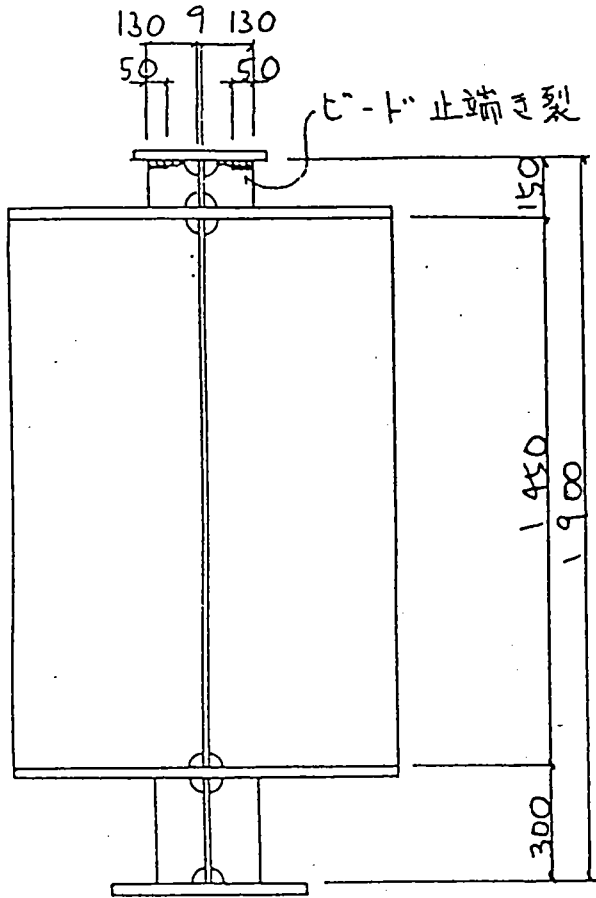
種 別	溶接サイズ	延 長	備 考
ガウジング	6 ▽	0.40	
スミ肉溶接	6 ▽	0.40	

現場ケレン面積	0.05
現場塗装面積	0.05

対策図

対策名：溶接部ののど厚増強とTIG処理

対策図等



ヒートシールド長

$$L_1 = 0.100 \times 4 = 0.400 \text{ m}$$

溶接延長

$$L_2 = 0.400 \text{ m}$$

現場溶接面積 (=現場ケレ面積)

溶接部の50 mmの範囲とする。

$$A = 2 \times 0.050 \times 0.130 \times 4 \\ = 0.052 \text{ m}^2$$

損傷対策の整理表

損傷の名称	② 主桁腹板ガセット端部に生じた亀裂	
損傷の概要		
記事	腹板に取付けられた横構ガセットの回し溶接の止端部に亀裂が入り、腹板上に進行している。	
原因推定	<p>外力によるもの： 横構からの力で腹板が面外方向に押されて面外変形を起こし、ガセット端に応力集中が生じたこと。</p> <p>継手や材料の強度上の問題点： 回し溶接部のビード止端に許容限界に近い(0.5mm程度) アンダーカットが残っていたこと。</p> <p>総合： ガセット端における腹板の面外曲げによる局部的応力集中が主な原因で、特にその傾向は桁端で大きくなる。これがアンダーカットによる応力集中と重複したこと。</p>	
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等： 亀裂は回し溶接部のビード止端から発生し、止端に沿って進み、腹板上を30mm程度進んでいる。今のところ発生しているのは1箇所のみであるが、桁端近くでは今後発生する可能性は高い。</p>	
評価	対策の緊急性	<p>進展性： 亀裂が大きくなると、はりとしての耐力に対するダメージは大きくなる。しかしこの場合は、原因が局部的な面外変形であり、ある長さまでは顕著な急進性はないので、検査でも十分発見可能である。(b)</p> <p>冗長性： 大きく進展した場合は主要部材の破断につながる可能性有。(a)</p>
	対策の時期	進展性がb、冗長性がaであることから、4～5年以内に対策が必要(II)。
措置の方法	このまま放置すると将来構造物の安全を脅かす可能性もあるので、補修が必要である。	
長期的および構造全体に及ぼす影響	桁端から2パネル区間は、損傷の有無にかかわらず補強しておくことが望ましい。	
補修方法	<p>補修工法の選定： 亀裂が生じた箇所に対策工事が2～3年先になる場合は、応急処置として亀裂の先端にストップホールを明け、そこを高力ボルトで空締めする。本対策は、ガンジングで亀裂を除去して再溶接し、ガセットと腹板を折曲板で連結する。また、亀裂のない箇所についても同数のものは今後、実測等を行って発生傾向を把握して対策計画に反映するのがよい。</p>	
その他	施工上の問題点や検討課題等：	

対策図

対策工法の区分

1. 対策名

山形鋼による当板補強

2. 対策の主旨

横構部材からの面外力の分散を図る。

3. 対策の選定理由

補強部材の取付けが容易で、荷重分散効果も期待できる

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

き裂の除去、再溶接後、ガセットと腹板を山形鋼で連結する。

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重 量 (kg)	材 質	備 考
L	100×100×10	1	5	SS400	
⌒	90×10	1	2	'	
H.T.B.	M22	4	2	F10T	
"	"	3	2	"	
			計 11		

溶接延長 (m)

塗装面積 (㎡)

種 別	溶接サイズ	延 長	備 考
ガウジグ		0.10 ^m	

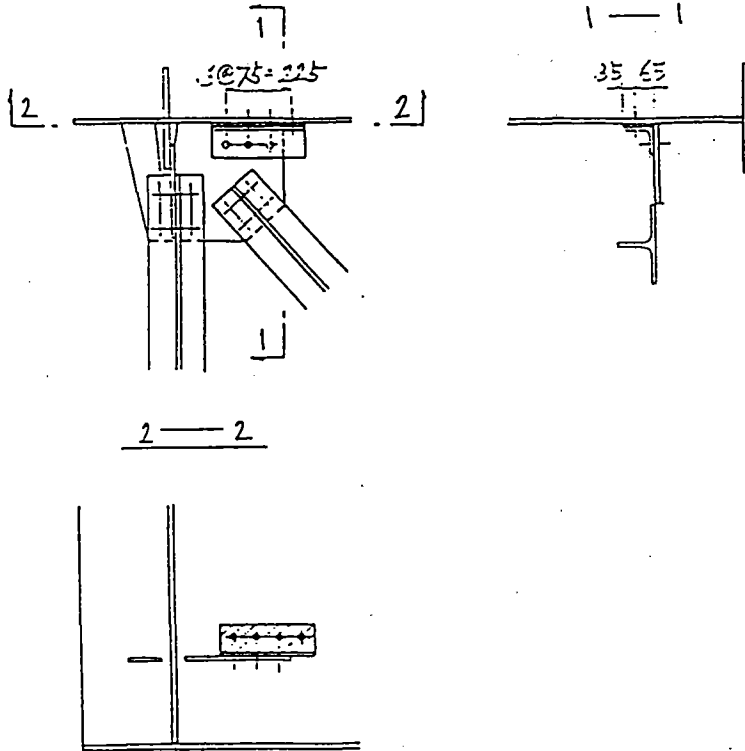
現場ペイント	0.05
現場塗装	0.07

対策図

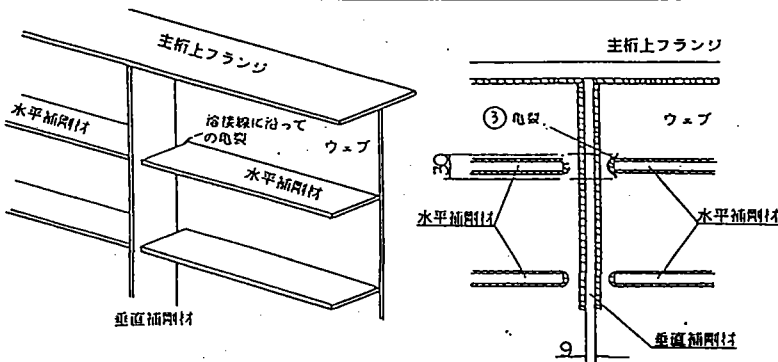
対策名：山形鋼による当板補強

対策図等

(外桁端部)



損傷対策の整理表

損傷の名称	③ 水平補鋼材端部に生じた亀裂	
損傷の概要	 <p style="text-align: center; font-size: small;">亀裂の深さは最大3mm (母材板厚 t=9mm)</p>	
記	事 : 主桁の腹板に取付く水平補剛材の端部に生じた亀裂であるが、今のところこの事例は少ない。	
原因推定	<p>外力によるもの : 垂直補剛材とのギャップ部に片側補剛材ということによる偏心により、腹板に局所的な面外曲げの影響が出たり、水平補剛材が途中で切れていることによる剛度急変による応力集中が考えられる。</p> <p>継手や材料の強度上の問題点 : 溶接作業が難しいため、ビード形状があまりよくない。</p> <p>総合 : 今回の亀裂は圧縮域の亀裂で、局所的な面外曲げおよび剛度急変による応力集中が主な原因である。</p>	
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等 : 亀裂は回し溶接のビード止端から発生し、10mm程腹板に進展している。発生している箇所は今のところ1箇所であるが、今後、磁粉探傷等による詳細な検査も必要である。</p>	
評価	対策の緊急性	<p>進展性 : この亀裂は局所的応力集中が主な原因であることや、圧縮域ということから、それ程早くは進まないのでは、検査でも発見可能である。(b)</p> <p>冗長性 : き裂が腹板からフランジに達すると構造全体として問題となる。(a)</p>
	対策の時期	<p>対策の時期 : 亀裂の発生した箇所は、進展性が(b)、冗長性が(a)であることから、4～5年以内に対策が必要となる。(Ⅱ) また、実橋測定の結果次第では多発の可能性もあり、その場合は補強の検討も必要である。</p> <p>措置の方法 : 検査の重点箇所として、変状が現れた時に補修をする。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響 : 実橋測定等によって類似箇所の疲労損傷度を把握し、将来の発生傾向を調べる必要がある。そこで問題となれば、広範な補強を考える必要がある。</p>
補修方法	<p>補修工法の選定 : 亀裂の発生しているものについてはガウジングでき裂を除去し、再溶接後TIG処理するのがよいが、このケースでは溶接作業スペースが十分でないため、リブによる補強(当板方式)が必要である。</p>	
その他	<p>施工上の問題点や検討課題等 : この種の変状が1箇所でも引張り域で発生した時は、実橋測定によって疲労損傷度を求め、将来の発生予測を行って計画的に対策する必要がある。</p>	

対策図

対策工法の区分

当板補強

1. 対策名

折曲板による当板補強

2. 対策の主旨

局部的な面外曲げ応力度の緩和を図る

3. 対策の選定理由

補強部材の取付けが容易で、しかも外桁外面に補強後が現れず景観を損なうこともない

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

き裂の除去、再溶接後、垂直補剛材と水平補剛材とを当板で連結する。

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重量 (kg)	材 質	備 考
R	80 x 8	4	6	SS400	
H.T.B	M22	8	4	F10T	
			計 10		

溶接延長 (m)

塗装面積 (㎡)

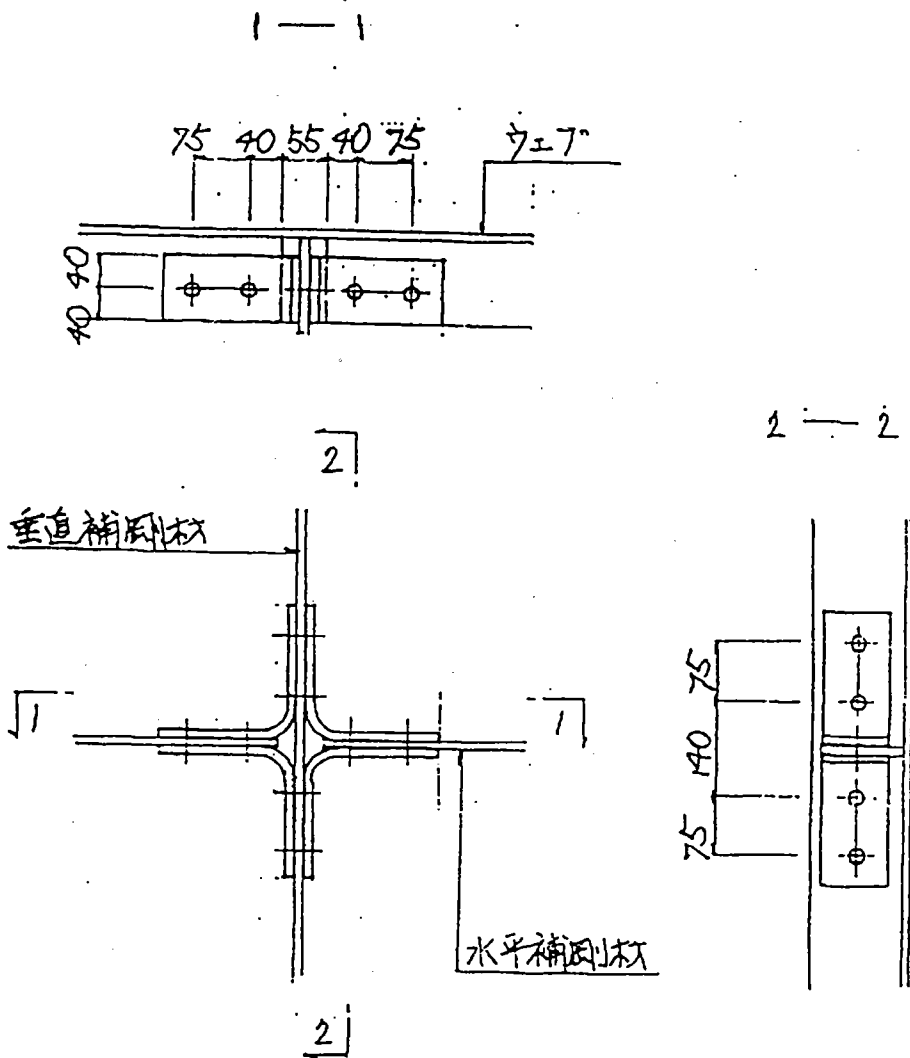
種 別	溶接サイズ	延 長	備 考
ガング		0.07 m	

現場ケリ	0.10
現場塗装	0.12

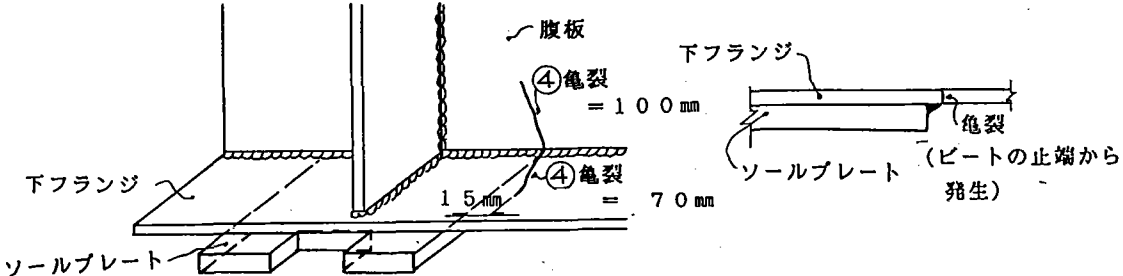
対策図

対策名：折曲による当板補強

対策図等



損傷対策の整理表

損傷の名称	④ ソールプレート端部に生じた亀裂	
損傷の概要	 <p style="font-size: small;">記 事 : ソールプレートが取付く下フランジの溶接ビード止端から亀裂が発生し、フランジおよび腹板にそれぞれ70mm、100mm進展している。また、フランジ上の亀裂はややスパン中央側に15mm程進み始めている。なお、その箇所ではシュー座が破損しシューが傾いている。</p>	
原因推定	<p>外力によるもの： 可動シューが十分に動けないため、桁端付近の下フランジに、設計で考慮されていない大きな橋軸方向の応力が作用したこと。</p> <p>継手や材料の強度上の問題点： ソールプレートの取付け溶接は、欠陥（肌すき、アンダーカット）が生じ易く、この場合も0.5mm程度のアンダーカットが残留していた。</p> <p>総 合： 可動シューの機能低下によって、アンダーカットの残留しているビード止端部に異常に大きな応力が発生したため。</p>	
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等： 亀裂はビード止端から発生し、フランジと腹板にまで進展している。今のところ同橋の他の箇所では亀裂は見られない。</p>	
対策の緊急性	<p>進展性： 母材に進んだ亀裂は徐々に速まる可能性がある。特にフランジは、すでに板幅の半分くらいに達しており、構造的にも心配となりつつある。(a)</p> <p>冗長性： 下フランジが破断した場合は、構造的に不安定となる。(a)</p>	
評 価	<p>対策の時期： 進展性、冗長性ともに(a)であり、また、周囲に対する影響も大きいのでIAであり、直ちに何らかの措置が必要である。</p> <p>措置の方法： 応急的措置とともに、補修が必要となる。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響： 他の類似箇所については、実測によって疲労損傷の程度を把握して対応策を考える。</p>	
補修方法	<p>補修工法の選定： 応急対策としては、監視を強化するか、もしくは亀裂の先端にストップホールを設ける。</p> <p>本対策は、可動シューの機能を確保するための対策が必要となる。この場合はシュー座を打替える。また、亀裂部はガウジングで除去し、再溶接して余盛をグラインダーで仕上げるとともに、フランジ側は亀裂を覆うように大きなソールプレートと交換する。その場合の取付けは高力ボルトとする。その後、腹板は亀裂部を覆うように当板で補強する。</p>	
その他	<p>施工上の問題点や検討課題等： この場合は止端からの亀裂であるが、鉄道橋ではルート部から発生した亀裂の方が多い傾向にある。従って、今後の検査ではこのことも考慮して行う必要がある。</p>	

対策図

対策工法の区分

部材交換
当板補強

1. 対策名

亀裂補修・ソールプレート交換・当板補強

2. 対策の主旨

- 1) 外的要因（シュー座の破損）の削除。
- 2) 亀裂原因（溶接部の応力集中）の削除。
- 3) 亀裂の進行を止める。

3. 対策の選定理由

- 1) シュー座の補修。
- 2) 亀裂原因の溶接を行わない。
- 3) 当板による増厚効果。

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

- 1) シュー座を打替える。（注意事項；旧モルタル部分の除去や、モルタルの品質・施工管理を十分に行う。）
- 2) 下フランジの亀裂の先端にストップホールを設け、亀裂の補修を行い、大きめのソールプレートに交換し、セットボルトと高力ボルトにより下フランジに取付ける。また、セットボルトは、回り止め（φ2mmの銅線溶接）にて固定する。（注意事項；亀裂の補修・ボルトの締付けの管理は十分に行い、既設下沓のタップ穴は溶接にて埋め、再タップを切る。）
- 3) 腹板の亀裂の先端にストップホールを設け、亀裂の補修を行い、当板にて補強を行う。（注意事項；亀裂の補修・ボルトの締付け管理は、十分に行う。）

5. 数量表等

材料表

種類	寸法		数量	重量 (kg)	材質	備考
鋼板	340*34	610	1	55	SM400	ソールプレート
"	305*9	330	1	7	SS400	当板
高力ボルト	M22	95	4	3	F10T	ソールプレート用
"	M22	60	16	8	"	当板用
セットボルト	M24	75	4	1	SS400	
銅線	φ2mm		4	1	1号銅線	セット固定用
シュー座モルタル				0.0291m ³		早強無収縮

溶接延長 (m)

種別	溶接サイズ	延長	備考
ガウジング	t = 18	0.18	亀裂補修
"	"	0.18	"
"		1.42	ソールプレート取替
タップ切り		4ヶ所	下沓のタップ切り

塗装面積 (m²)

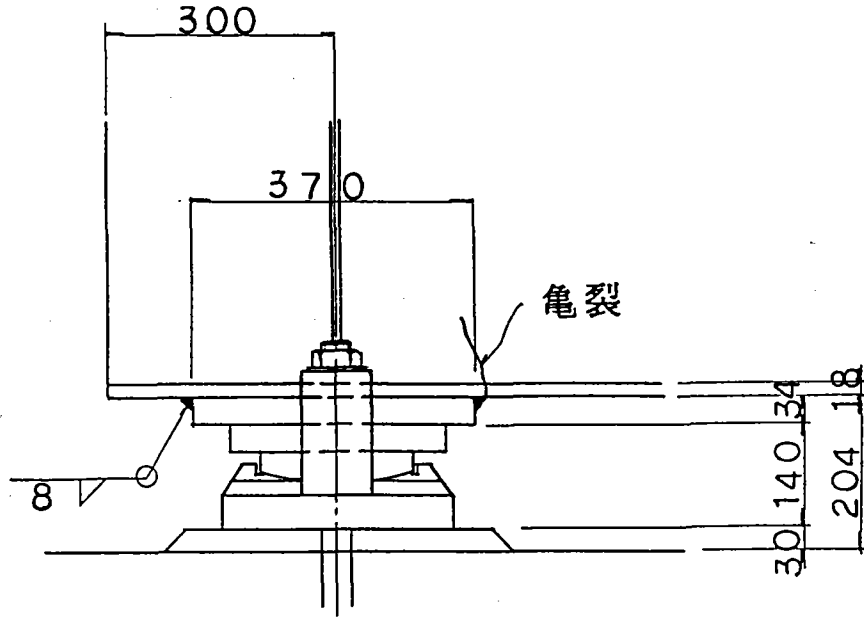
塗装面積	0.54 m ²
ケレン面積	0.51 m ²

対策図

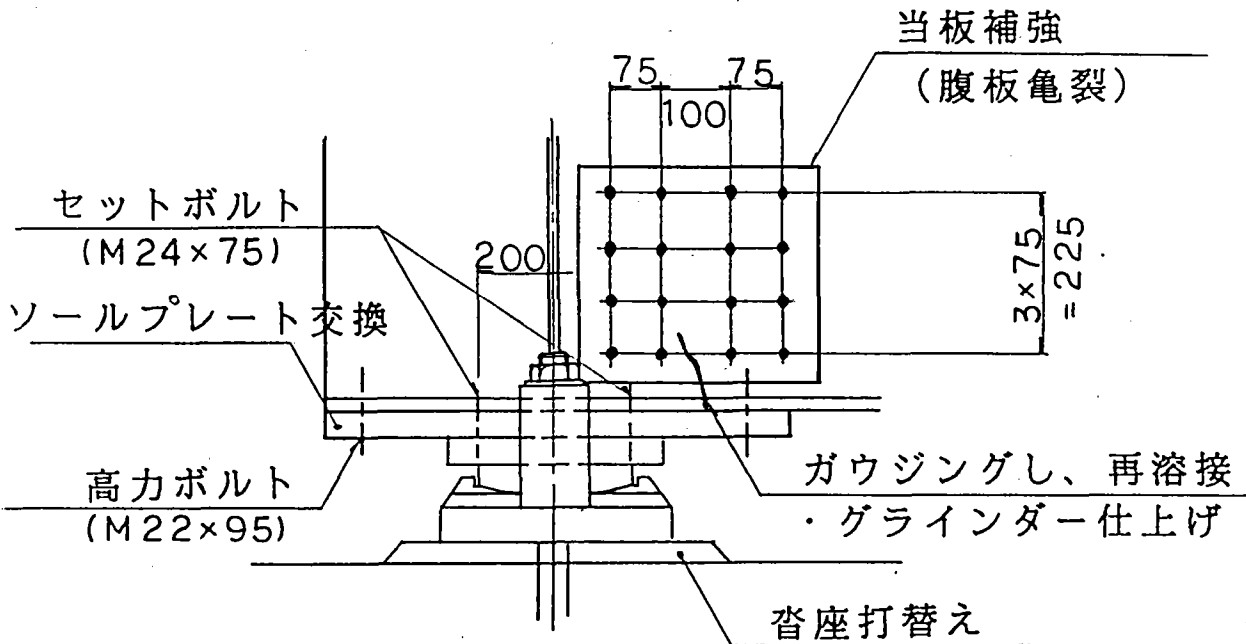
対策名：
亀裂補修・ソールプレート
交換・当板補強

対策図等

(現状)



(対策)



損傷対策の整理表

損傷の名称	⑤ 端対傾構ガセット部に生じた亀裂
損傷の概要	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="margin-top: 10px;">記 事 : 桁端端対傾構の下側ガセットの溶接ビード止端部で下端から70mm程度の亀裂が発生している。その箇所ではシュー座が破損して支点沈下を起こしている。</p>
原因推定	<p>外力によるもの： 支点沈下により支材に大きな軸力が生じガセットを引張ったことと、面外変形が伴ったこと。</p> <p>継手や材料の強度上の問題点： 対傾構の部材とガセットの溶接部のコーナーに丸味がないので施工しづらくビード形状があまりよくない面もある。</p> <p>総 合 : 本来応力が大きくなならないとして設計されている箇所にてであるが、支点沈下によってガセット部に大きな荷重が発生したことが原因と考えられる。</p>
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等： ビード止端から発生した亀裂は、ガセット上を70mm程度進んでいる。シュー座に異常のない箇所では、この部分で亀裂の見られるものはない。</p>
対策の緊急性	<p>進展性： 進展はかなり速く（a）となる。</p> <p>冗長性： この部材は破断しても即、構造全体に影響を与えるものではないので（c）。</p>
評 価	<p>対策の時期 : 進展性が（a）、冗長性が（c）であるので、IIとなる。すなわち、4～5年以内に対策すればよい。</p> <p>措置の方法 : 部材交替（ガセット）が必要。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響： シュー座の破損や支点沈下が見られる時のみ問題となる。</p>
補修方法	<p>補修工法の選定： 破損したガセットを撤去し、新しいガセットを設ける。その場合、連結はボルト継手とする。また、当然のことながら、破損したシュー座は修復する。</p>
その他	<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

部材交換

1. 対策名

部材交換 (ガセット)

2. 対策の主旨

主な原因である支点沈下を無くするためのシュー座の打直しと、き裂の発生したガセットを新しいものへの取替えを行う。

3. 対策の選定理由

き裂部は溶接補修も可能であるが、手間と施工後の信頼性から、新しいものへの交換が有利。

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

新しいガセットは、撤去する旧ガセットよりやや大きめにして旧溶接位置と重ならないようにする必要がある。

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重量 (kg)	材 質	備 考
PL	305 × 8 350	1	7	SS400	
PL	305 × 8 420	1	8	SS400	
HTB	M22 65	8	3	F10T	
	M22 60	12	5	F10T	

溶接延長 (m)

塗装面積 (㎡)

種 別	溶接サイズ	延 長	備 考
ガウジング		1.55m	

現場塗装

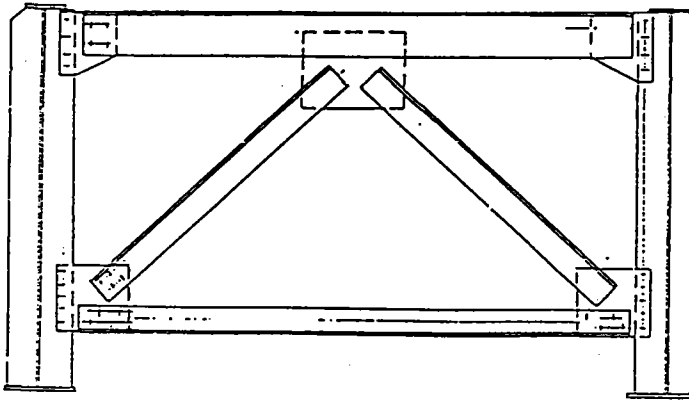
0.4㎡

対策図

対策名：部材交換（ガセット）

対策図等

1-PL 305X 8X350
4-HTB M22×65
4-HTB M22×60



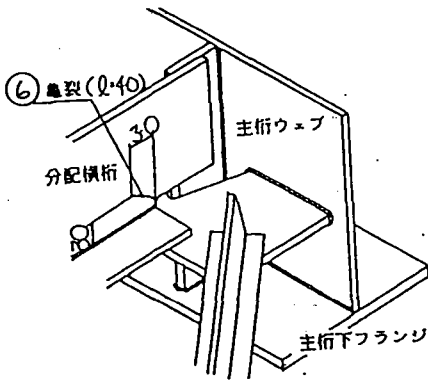
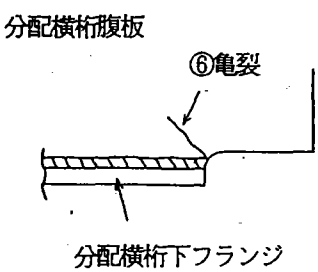
1-PL 305X 8X420
4-HTB M22×65
8-HTB M22×60

ガウジング除去延長 1550mm

現場塗装面積 0.4m²

注) 現行のM20用の孔は、リーマ通しして
M22用とする。(ボルト径をM22で他と統一を図るため)

損傷対策の整理表

損傷の名称	⑥ 分配横桁切欠き部に生じた亀裂	
損傷の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>⑥ 亀裂 (L:40)</p> <p>30</p> <p>分配横桁</p> <p>主桁ウェブ</p> <p>主桁下フランジ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>分配横桁腹板</p> <p>⑥ 亀裂</p> <p>分配横桁下フランジ</p> </div> </div> <p style="margin-top: 10px;">亀裂はビード止端と腹板切欠きコーナーとの接点近傍（腹板側）からスタートしている。</p>	
記事	<p>事：主桁の支間中間部にある横分配桁の横桁腹板の切欠き部から40mm程度の亀裂が発生した。</p>	
原因推定	<p>外力によるもの：隣接桁のたわみ差によって、腹板切欠き部に応力集中を伴う大きな引張応力が発生した。応力集中は、横桁のフランジが腹板の途中でブツ切りになっているためである。</p> <p>継手や材料の強度上の問題点：腹板の切欠き部には応力集中を緩和するためのRがとられているが、その大きさが小さく、しかもガスノッチが残っていたので疲労強度が低くなった。</p> <p>総合：構造的ディテールが疲労の面であまり好ましくない上に、ガスノッチも影響したため。他の同類箇所も心配となるので注意が必要になる</p>	
発生傾向	<p>損傷の大きさ、発生量等：亀裂は40mm程度であるが、今後徐々に速くなる可能性もある。スパン中央部など、たわみ差が大きくなる箇所にある、同形の横桁は全て問題となる可能性が高い。</p>	
評価	<p>対策の進展性：ある程度まではかなり早く進行する。(a)</p> <p>対策の冗長性：主要部材であるので、破断すれば構造的に不安定となる。(a)</p>	<p>対策の時期：進展性、冗長性がともに(a)であるので(1B)となり、早急(1~2年以内)に対策しなければならない。</p> <p>措置の方法：亀裂が大きくなれば、応急的にはき裂先端にストップホールを設けるが、本対策としては再発を防ぐ補修が必要。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響：放置した場合には構造的に問題となるので、構造改良を含めた早期対策が必要。</p>
補修方法	<p>補修工法の選定：応急対策としては、亀裂先端にストップホールを設ける。</p> <p>本対策としては、き裂をガウジングで除去し再溶接して表面をグラインダーで仕上げ、き裂を覆うような当板補強を兼ねた構造改良が必要である。</p>	
その他	<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

ストップホール
当板補強

1. 対策名

ストップホール、当板補強

2. 対策の主旨

き裂先端にストップホールを設けき裂の進展を止める（応急対策）
当板による増厚効果により腹板の発生応力度を低下させる（本対策）

3. 対策の選定理由

応力集中に対して腹板厚が不足していると判断されたため

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

き裂が大きい場合はストップホールによる応急措置を行う。
その後、早急（1～2年以内）に当板補強を行う。

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重 量 (kg)	材 質	備 考
⌀	180×12	240	1	4	SS400
HTB	M22	75	2	1	F10T
		75	4	2	〃

溶接延長 (m)

塗装面積 (㎡)

種 別	溶接サイズ	延 長	備 考
ガウジング	t = 9	0.06	
71L7溶接	9H	0.04	

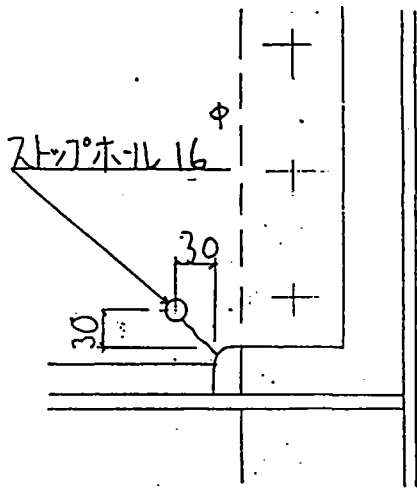
現場ケレン面積	0.04
現場塗装面積	0.09

対策図

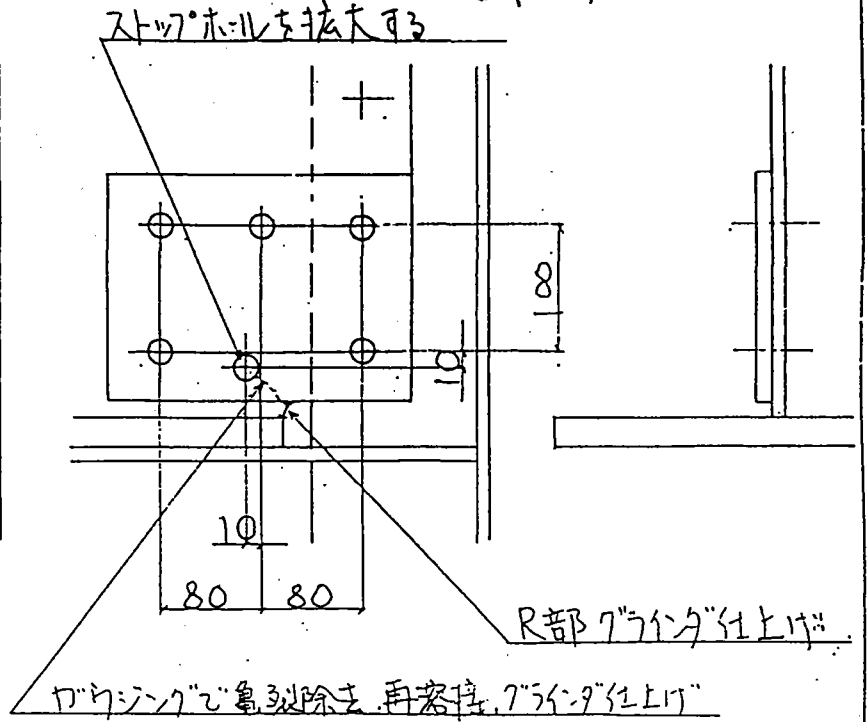
対策名：ストップホール、当板補強

対策図等

応急対策
(ストップホール)



本対策
(当板補強)



- 1-ヒ 180 × 12 × 240
- 2-HTB M22 × 75 (F10T)
- 4- " M22 × 75 (")

現場ケレン面積 0.04 m²
 現場溶接面積 0.09 m² (含HTB)
 現場穿孔 25φ × 4ヶ所

カブリシート長 L₁ = 0.060 m (t = 9)
 溶接延長 L₂ = 0.040 m (t = 9)
 (6D換算 0.190 m)

損傷対策の整理表

損傷の名称	⑦ 横桁を連結した垂直補剛材接合部に生じた亀裂	
損傷の概要		
記	事 : 上フランジ側垂直補剛材のスカールップ部の回し溶接部のビード止端からの亀裂で、亀裂は60mm程主桁の腹板に達している。なお、この橋梁で既にスラブの増厚工事が別途計画されている。	
原因推定	<p>外力によるもの : スラブのたわみによって、腹板が首部で面外に曲げられたため、上フランジとの離れが小さい程苦しくなっている。しかし、計画中のスラブの増厚工事が行われればこの影響は小さくなる</p> <p>継手や材料の強度上の問題点 : のど厚不足で、かつアンダーカットが残っている。</p> <p>総合 : スラブの変形による影響が応力集中部に作用し、ビードののど厚不足やカットで更に苦しくなったため。</p>	
発生傾向	損傷の大きさ、発生量等 : 亀裂は周し溶接部から発生し、60mm程腹板上を進行している。この亀裂は一般に、垂直補剛材の天端のビードが全幅された場合に見られるものである。	
評価	対策の 緊急性	<p>進展性 : 進展スピードはそれ程速くならないので (b)。</p> <p>冗長性 : 大きく進展し、上フランジに達した時のみ、構造的に問題となるので (b)。</p>
補修方法	<p>対策の時期 : 進展性、冗長性とも (b) であるので (II) となるが、放置しておく周囲に大きく影響を与えるので (IA) とする。</p> <p>措置の方法 : この変状は、多分に他の損傷に影響されているので、まず根本原因に対して措置をする必要がある。</p> <p>長期的および構造全体に及ぼす影響 : 複数の損傷が合わさって生じるので、その場合は構造全体にも影響する可能性がある。</p> <p>補修工法の選定 : 既にスラブの増厚工事が別途計画されているので、ここでは亀裂をガウジングして再溶接し、表面をグラインダー仕上げとすればよい。</p>	
その他	施工上の問題点や検討課題等 :	

対策図

対策工法の区分

再溶接

TIG処理

1. 対策名

溶接部のガウジングと再溶接とTIG処理

2. 対策の主旨

対策は、き裂の発生部に対して補剛リブ天端については全幅を事例(Ⅰ)と同じ対策をし、腹板部については、き裂の先端より20mm先までガウジングして再溶接する。

3. 対策の選定理由

工法も単純で現場で対処しやすい

4. 対策工法の概要もしくは注意事項

損傷の原因となったスラブのたわみや横分配桁からくる外力を低減しておくことが前提となる。

5. 数量表等

材 料 表

種 類	寸 法	数 量	重量 (kg)	材 質	備 考

溶接延長 (m)

塗装面積 (㎡)

種 別	溶接サイズ	延 長	備 考
ガウジング 現場溶接	6▽	0.36 0.17	補剛リブ 腹板部 TIG処理

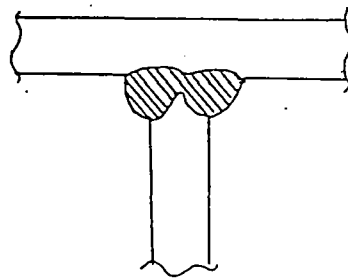
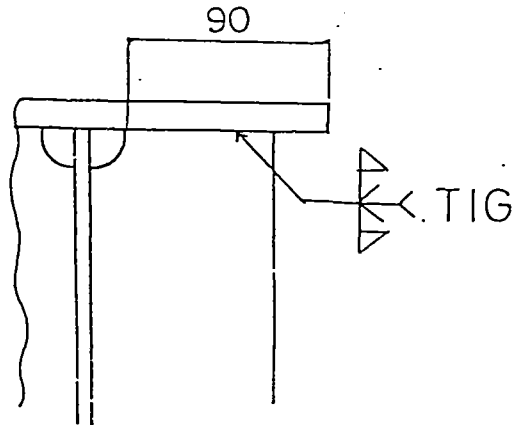
- ① 補剛リブ天端
A = 0.02㎡
- ② 腹板部のき裂
A = 0.02㎡

対策図

対策名： 溶接部のガウジングと再溶接とTIG処理

対策図等

① 補剛リブ天端



ガウジングは亀裂先端から20mm先まで行う
塗装は溶接部から50mmまでの範囲とする