

第2編 『鋼橋の補修・補強方法』
(鋼橋技術研究会 維持管理技術研究部会 補修WG)

目 次

	* page *
1. まえがき	1
2. 補修・補強の考え方	2
2-1 補修・補強の手順	2
2-2 補修・補強工法の検討フロー	4
3. 補修・補強の方法	6
3-1 冷間加工によるクラックの進展防止	6
3-2 高力ボルトによる補修・補強	11
3-3 溶接による補修・補強	18
3-4 TIG処理	25
4. 支承・支承まわりの補修・補強	30
4-1 補修・補強の目的	30
4-2 補修・補強工法の選定	30
4-3 補修・補強の事例	32
参考文献	35

1. まえがき

昭和40年代以前に建設され、その後重荷重の頻繁な走行にさらされてきた鋼道路橋において、縦桁、横桁等の床組み部材や、対傾構、横構等の二次部材に、疲労によるものと思われる損傷が発見されている。

このような疲労損傷は、過大荷重の繰り返し作用の他、床版支間、床版厚等、床組みの剛性に起因するもの、溶接構造等の製作方法によるものなどさまざまな要因が重なり合っ起こるものと考えられる。また、二次部材の損傷が多いことは、これまでの設計では主荷重による応力度は小さいと見なされていたこれらの部材に、応力集中、面外変形、二次応力等が作用していることを意味している。

主要部材においても、ウェブ切り欠き部のように、補強や溶接が不十分であったものに損傷が発見されている。

これらの各部の損傷に対し、原因を究明し、それぞれ補修、補強が行われている。また、原因が明らかになったものについては、設計方法、補強部材配置も改善され、その後の設計に反映されてきている。

鋼橋にクラックが発生しても、主要部材は別にして、それにより橋梁の耐荷力が著しく低下することは少ないが、これらのクラックが進展し主要部材に至るようになると、重大事故につながる可能性がある。また、二次部材の補修、補強は比較的容易であるが、主要部材にまで影響した損傷の場合には、その補修、補強工事は長期間、大規模なものとなる。

したがって、このような疲労損傷の早期発見に努めるとともに、その損傷を分析、評価し適当な時期に補修、補強することが必要となる。鋼部材の場合、コンクリートに比べ補修補強は容易であるが、現場での作業となるため、難しい問題も多い。

鋼橋の維持管理技術研究部会、補修、補強グループでは、鋼橋の損傷として主に疲労クラックに着目し、調査研究を進めてきた。その成果として、昭和60年度には損傷事例集を、また、昭和62年度には、調査した損傷に対する補修事例集をまとめた。

今年度は、これまでの調査、研究のまとめとして、鋼橋の損傷に対する補修、補強方法を、最近の研究成果を参考にしながら分類、整理することとした。補修、補強方法については、その効果を把握することも難しく、今回標準化するまでには至らなかったが、個々の損傷に対し、それぞれ技術者が判断していくためにも、ある程度の標準化は必要であろう。

鋼橋の補修、補強方法に対する、今後のさまざまな面からの検討に期待したい。

2. 補修・補強の考え方

2-1. 補修・補強の手順

が
 構造物に発生した変状が徐々に拡大し、その機能を満足しなくなることを防ぐ —— このことは、経済的視点においても、人的被害を防ぐ上でもきわめて重要である。

従って、変状を発見した後、この変状をどのように処理するかが、重要な問題となる。

変状を発見した後の橋梁における補修・補強の一般的な手順は、図2. 1. 1. 1のようである。すなわち、まず変形箇所について、より詳細な調査（検査）をおこない、変状及び損傷の程度を把握するとともに、その原因の究明にあたり、さらに、変状及び損傷を考慮した耐荷力のチェックを加え、いかに対応すべきか、採用すべき措置の判定をおこなう必要がある。

一般に、変状及び損傷に対する対応のしかたとしては、次のような措置が考えられる。

- ① 残余耐力及び余寿命の解析評価による対応
- ② 載荷荷重の低減による対応
- ③ 補修・補強処理による対応
- ④ 部材の取り替えによる対応

これらの対応措置は、変状及び損傷の程度により、単独あるいは、併用で採用されているのが現状である。

そこで、鋼橋の損傷（主に疲労クラック）に対する対応として、ここでは、部材の補修・補強処理及び部材の取り替えによる対応措置について考えるものとする。

手話 行也

① 耐重 降下 補修 補強

② 補修 補強

2-2. 補修・補強工法の検討フロー

一般に、変状及び損傷の進行度合、あるいは、残余耐力の程度により、部材の補修・補強工法の程度が異なる。

部材の補修・補強工法の検討フローを示せば、図2. 2. 1のようである。すなわち、損傷の程度及び耐荷力の程度、さらに、その部材の位置等を考慮し、補修・補強工法は、基本的に次のように考えられる。

① クラック等の損傷の^伸展を防ぐ方法

イ) ストップホール等の設置 冷間加工による補修

ロ) 溶接によるクラックの補修 溶接による補修に依る部材の補修

② 部材の追加（添接材）による補修・補強の方法

イ) 溶接による補修・補強

ロ) 高力ボルトによる補修・補強

③ 部材の取り替えによる方法

これらの補修・補強工法と損傷（クラック）の程度を定量的に関連づけることは、現状において、むずかしい状況である。

しかしながら、部材の補修・補強工法の最終的な手段として、‘部材の取り替え’が考えられるが、その採用にあたっては、一時供用を中止する必要があったり、取り替え工事そのものが大がかりになってしまう傾向にあってたりして、経済的損失も大きい。

従って、部材の補修・補強工法として、クラック等の^伸展を防ぐ方法や部材を追加して補強する方法などが、主に採用されている傾向にある。

月

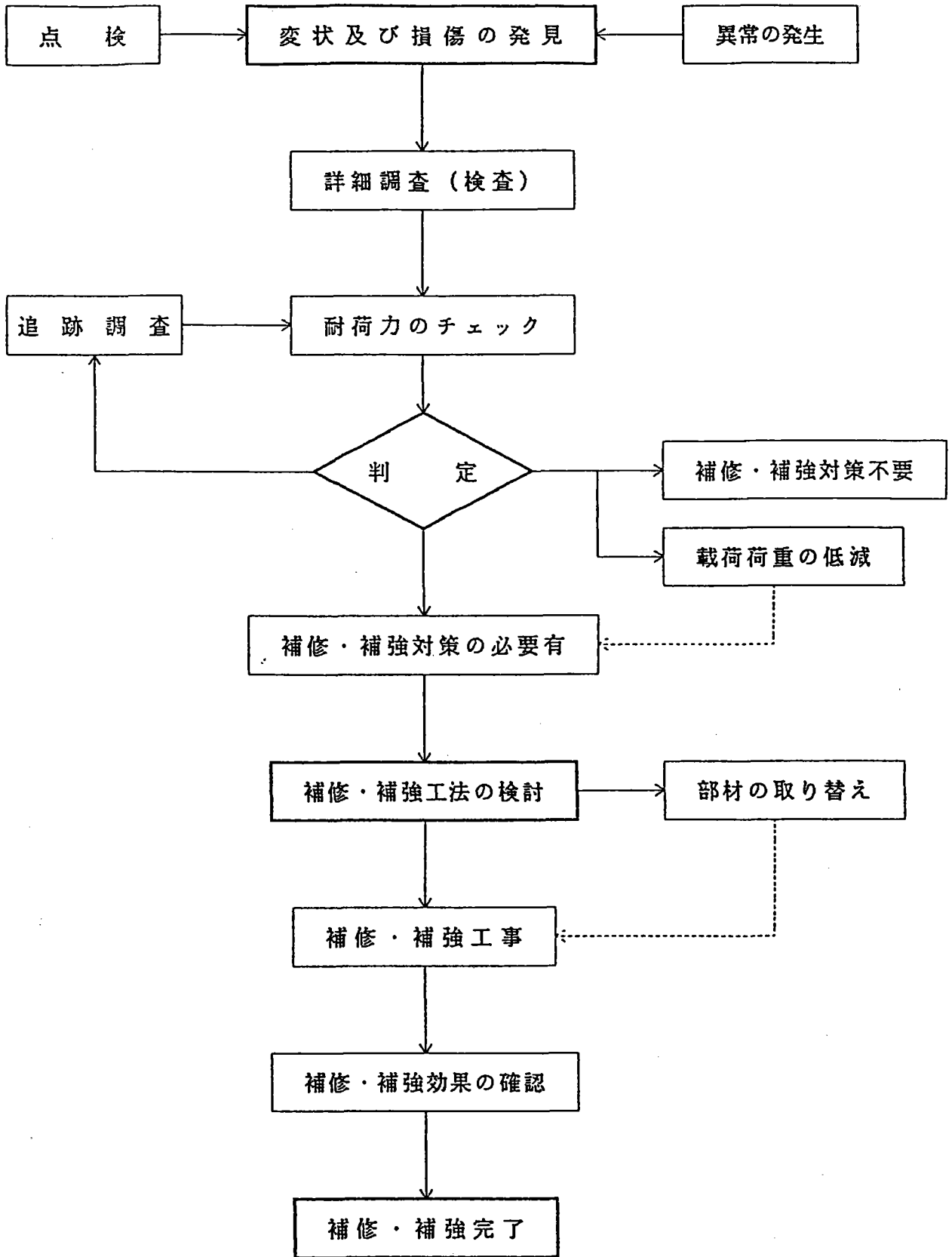


図2. 1. 1 橋梁補修・補強の手順

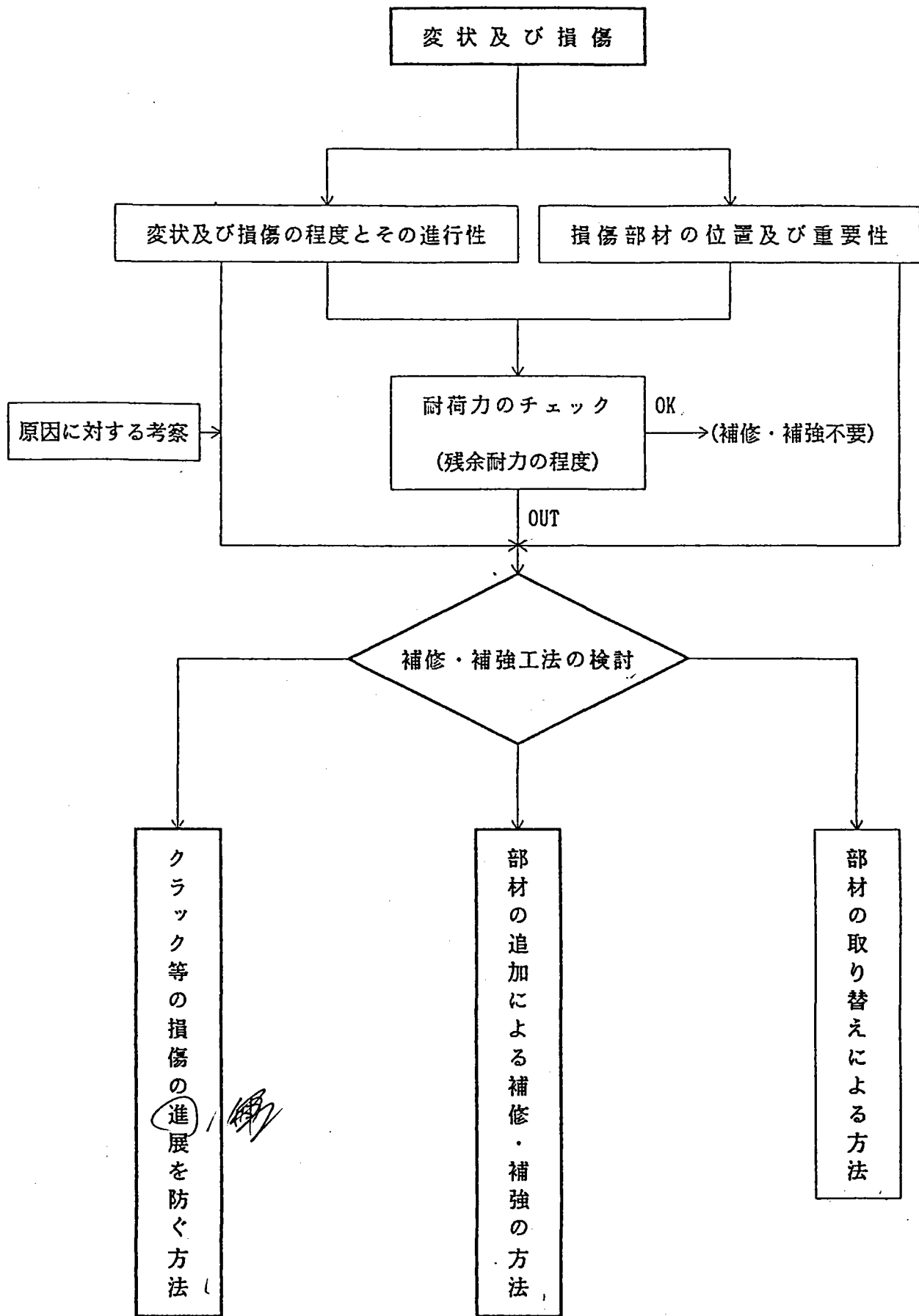


図 2. 2. 1 部材の補修・補強工法の検討フロー

3 補修・補強の方法

3-1 冷間加工によるクラックの進展防止

(1) ストップホールによる亀裂の進展防止対策（横河橋梁技報No18より引用）

① ストップホール法の概要

疲労亀裂先端に円孔（ストップホール）を設けることにより、先端部での高い応力集中を除去し亀裂の進展を一時的に防止する方法がある。この方法は、疲労亀裂の応急的な処置方法として用いられる場合が多いが、作用外力の大きさによっては、亀裂の進展を完全に停止させることも可能と考えられる。

② ストップホールの効果

ストップホールの効果は孔縁部に発生する応力の大小に左右される。

山田らは、単純に引張が作用する継手について図 3.1.1に示すようなモデルを用い、ストップホール先端での応力集中係数（ α ）を決定し、これから求まる切欠き底での応力範囲（ $\alpha \times \sigma_r$ ）と円孔部より亀裂が発生するまでの繰返し数（N）を関連づけることにより必要なストップホール半径を決定する方法を提案している。図 3.1.2は中央切欠きの両端に明けたストップホールについて、切欠き底での応力範囲と亀裂発生寿命との関係を示したものである。図 3.1.1において、作用応力範囲 σ_n を 60 MPa、亀裂長さLを90mmとし、亀裂両端に半径 ρ のストップホールを設けるとすると、応力集中係数 α は、

$$\alpha = L + 2\sqrt{a/\rho} \quad (2a = 90 + 2\rho)$$

となる。ここで、残存寿命を等価応力振幅 $\sigma_n = 60 \text{ MPa}$ で 200 万回以上と仮定すると図 3.1.2の 95%非破壊確立線より許容応力範囲は 370 MPa となる。すなわち、亀裂が再発生しないための必要ストップホール半径 ρ は

$\alpha \times \sigma_n \geq 7.9 \text{ mm}$ となり 16mm ϕ のストップホールを設ければよいことになる。

ところで、孔縁部に発生する応力集中率は、作用外力の種類（軸力、曲げ、せん断力）により異なることはよく知られている。たとえば、無限板中の円孔に対し単純引張、面外曲げ、せん断が作用する場合の孔縁部での応力集中率を比較するとそれぞれ $\alpha = 3.0$, 1.85 , 4.0 となる。したがって、ストップホールの効果も作用外力の種類別に評価する必要があるものと考えられるが、現在のところ種々の外力に対して検討した事例はなく今後の検討課題である。

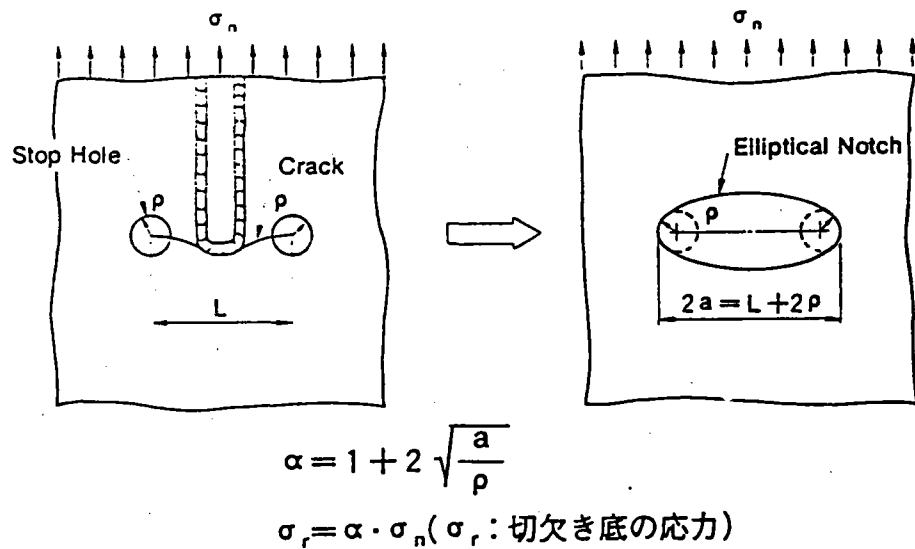


図 3.1.1 ストップホールのモデル化

③ ストップホールの補強

ストップホールにおける効果をさらに高めるために、高力ボルトを挿入し締め付ける方法がある。この場合の効果としては、ストップホール回りに圧縮の残留応力が導入され亀裂の発生を防ぐ、ストップホール先端の有効開口量を小さくする等が考えられるが、そのメカニズムについては不明な点が多い。

図 3.1.3は亀裂を想定したスリットの両端に円孔を設けた試験体を用い高力ボルト締め付けによる効果を静的試験により検討した結果である。

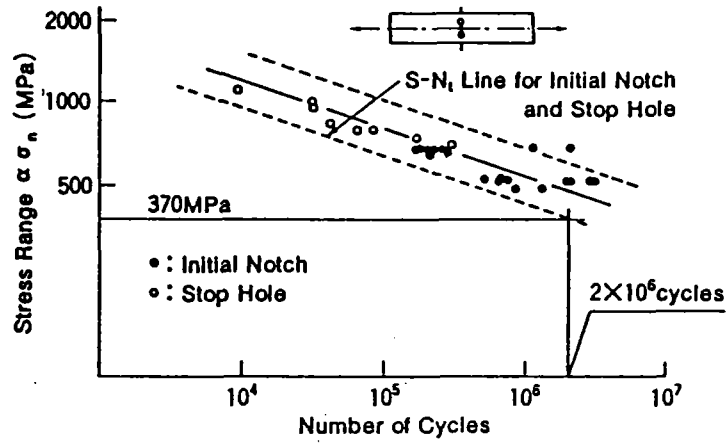
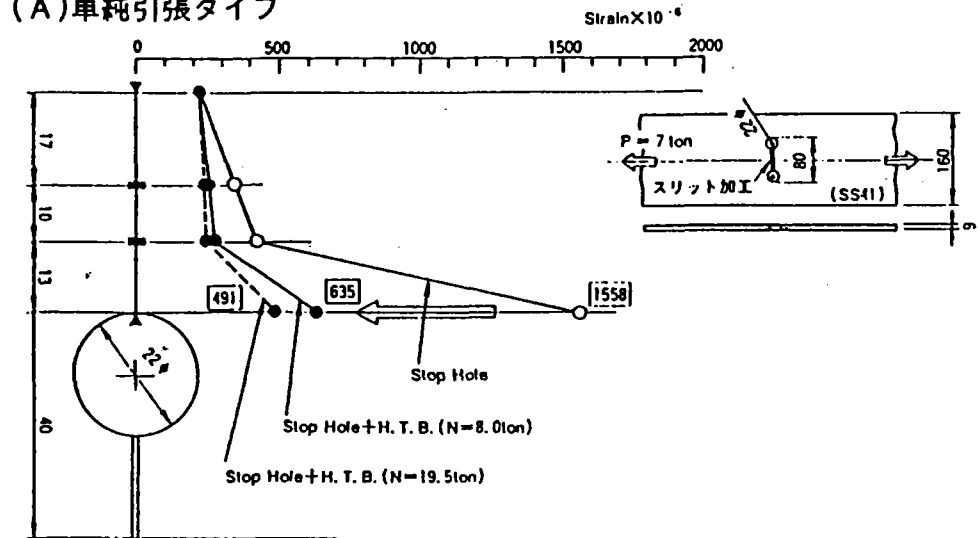


図 3.1.2 ストップホールの疲労強度

(A) 単純引張タイプ



(B) 面外曲げタイプ

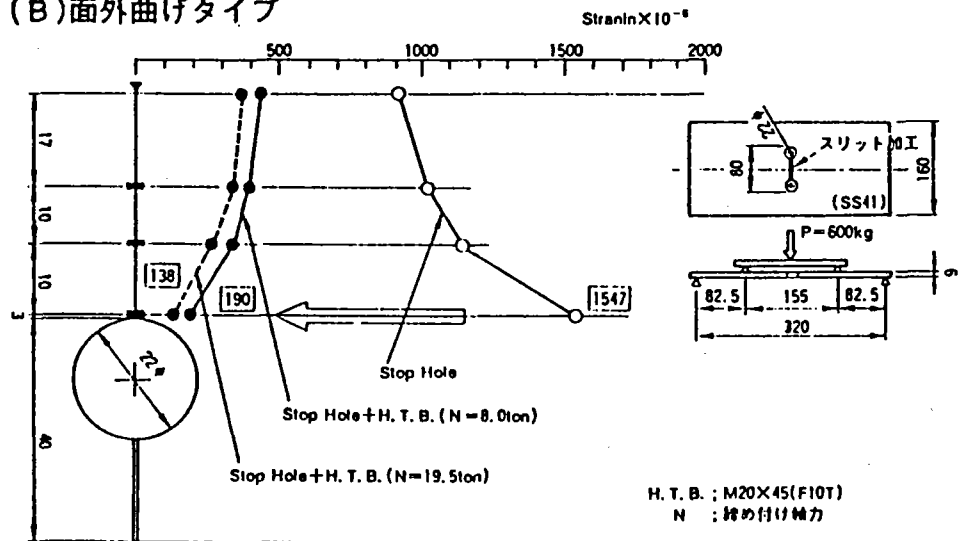


図 3.1.3 高力ボルト締め付けによる効果

高力ボルトの締め付けにより孔縁部に発生するひずみは大きく減少しており、応力集中の緩和効果が現れている。また、単純引張モデルと面外曲げモデルについてその効果を比較すると両者に大きな差が現れており、ボルト締め付けによる効果についても先に述べたストップホールの効果と同様に、外力の種類別に評価する必要がある。

次にストップホールを専用ピンを用いて拡孔することにより疲労強度を向上させる方法について述べる。この方法による強度的効果としては拡孔による孔周辺部での塑性変形に伴う硬度や引張強さの上昇が考えられるが、疲労強度の向上要因としては、むしろ孔周辺での圧縮残留応力の形成が重要な意味をもつものと考えられる。図 3.1.4 に中央切欠き試験片（図 3.1.5 参照）を用い、ストップホールのみの場合とストップホールに拡孔（拡孔率 2.6%、4.5%）を施した場合についての疲労試験結果を示す。この試験では比較的試験応力範囲が高い（150MPa）こともあり、ストップホールのみ（①）での効果はほとんど現れていないが、拡孔した場合（②、③）には残存寿命（NB）が増加していることがわかる。なお、この試験では、4.5% 拡孔後に 1% の太径ボルトを挿入した場合（④）についても試験を行っており、この場合はボルト孔の変形を防止するため孔縁での応力集中が減少し疲労寿命がさらに向上することが示されている。図 3.1.6 にこれらの方法について孔縁での定性的な応力状態を表したものを示す。

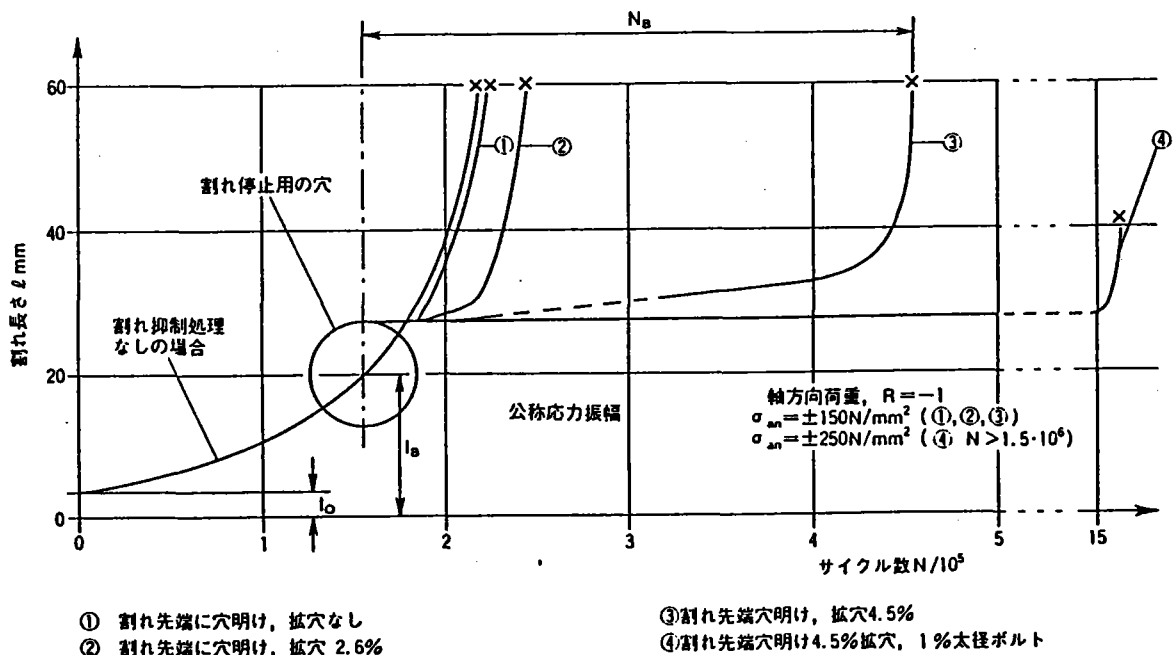


図 3.1.4 拡穴によるストップホールの補強効果

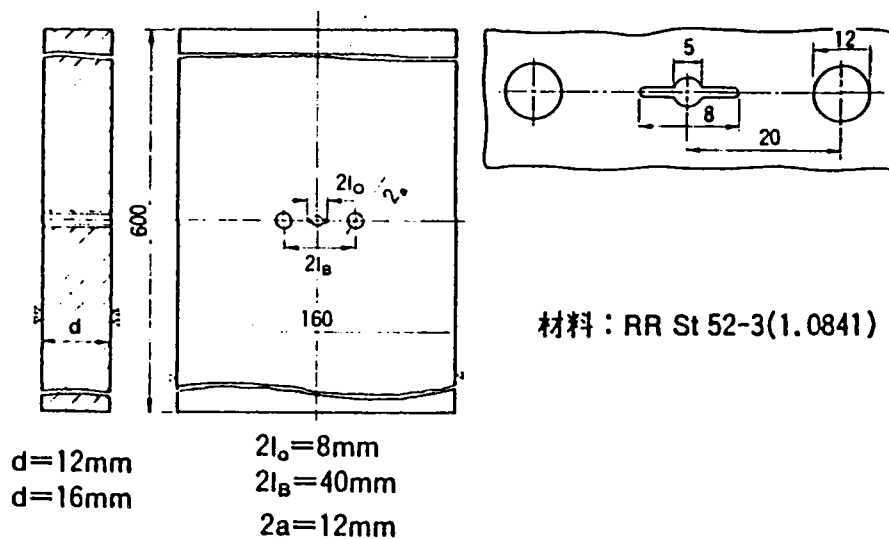


図 3.1.5 中央切欠き試験片（単純引張型）

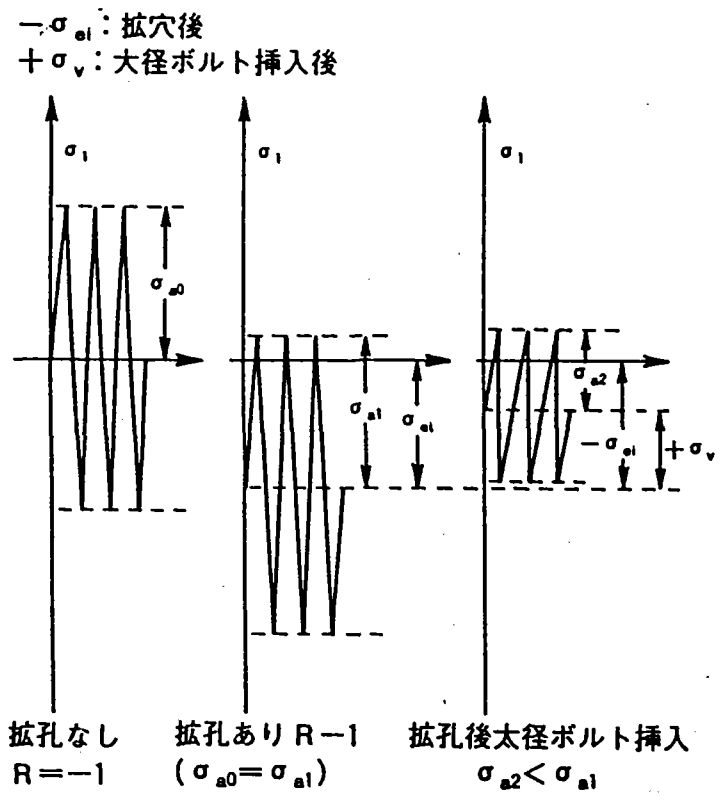


図 3.1.6 孔周縁での定性的な応力状態

3-2 高力ボルトによる補修・補強

(1) 概要

クラック部の補修・補強対策の一つとして、クラック部に部材を追加する方法がある。これは、部材の追加により、抵抗断面積、曲げ剛性を増加させ、損傷部位での発生応力、変形を低減させることを目的としている。

追加部材の接合方法としては、

- ① 高力ボルトを用いる方法
- ② すみ肉溶接による方法

が一般的である。

ここで、すみ肉溶接による方法では、溶接による残留応力が付加されることのほかに、溶接止端部やルート部に応力集中点を残すこととなり、補修部の疲労強度が追加部材の溶接部の強度で決定されてしまうことが多い。したがって、できる限り高力ボルトを用いた接合方法を採用することが望ましい。

なお、格点部などの部材接合部における部材追加補強では、補強部の剛性が変化することにより荷重の分担割合が増加し、近接部位に新たなクラックが発生する可能性もある。したがって、全体構造系に立ちもどって補強による影響を検討することも場合によっては必要と考えられる。

次項で、高力ボルトによる補修・補強例を示す。

(2) 補修・補強事例

① カバープレート溶接部のクラック

損傷状況

図3.2.1において、①～③のすみ肉溶接部からクラックが発生。

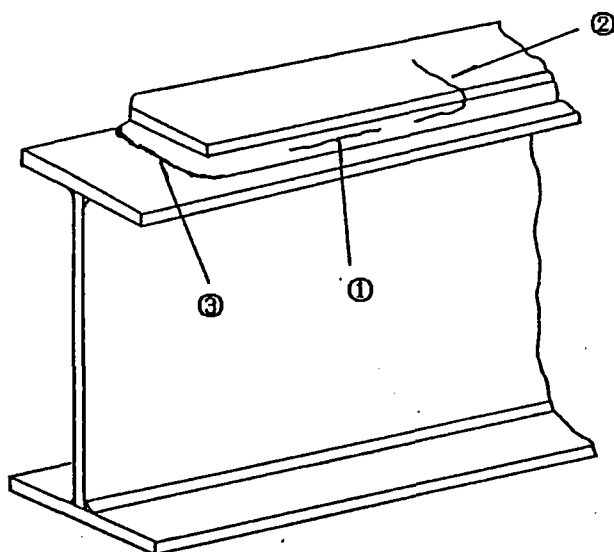


図3.2.1 カバープレートのクラック

対策例

- ・ 高力ボルトでフランジとカバープレートを締め付ける。
- ・ 添接板でクラックを連結する（図3.2.2）。
- ・ ②、③のクラックは、桁の耐力に影響するので注意を要する。

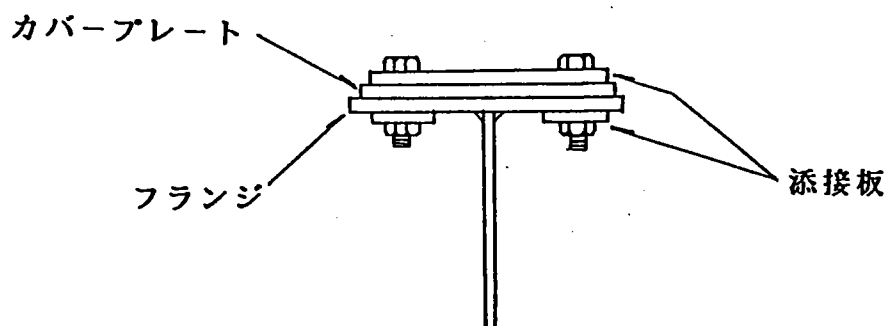


図3.2.2 添接板による補強

② ウェブ切り欠き部のクラック

損傷状況

ウェブ切り欠き部の溶接部よりクラックが発生し、母材へ進展する。またウェブにはらみが生じる場合もある。

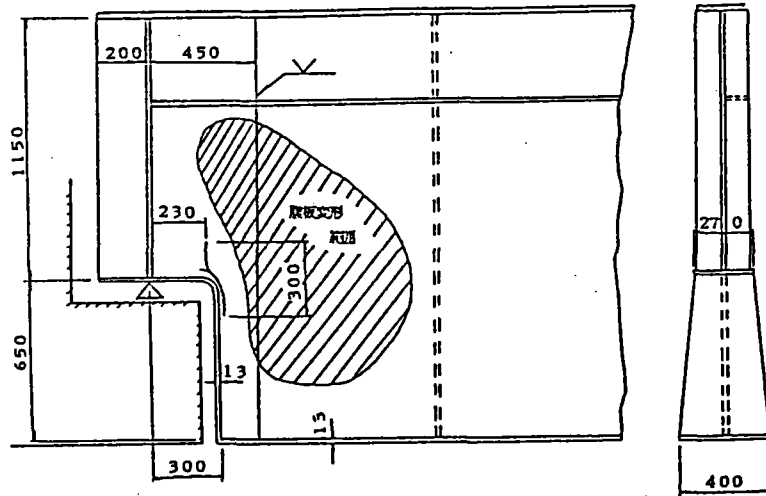


図3. 2. 3 ウェブ切り欠き部の損傷

対策例

当て板をウェブ両側より高力ボルトで取り付け、ウェブを補強する。

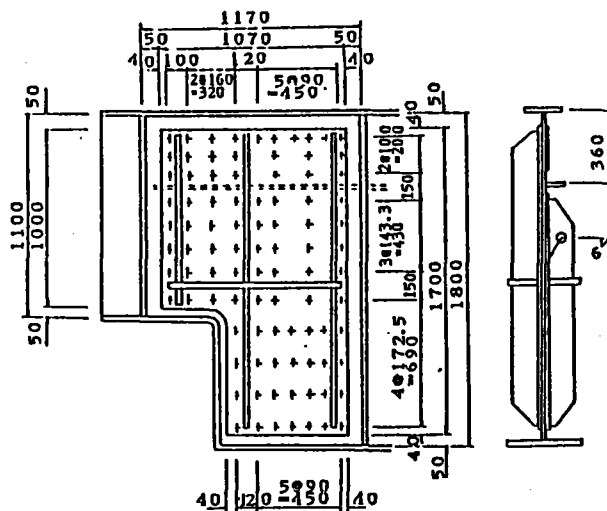


図3. 2. 4 添接板によるウェブの補強

③ 下路トラス縦桁の疲労クラック

損傷状況

縦桁のフランジを連続させていない場合、縦桁取り付け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。

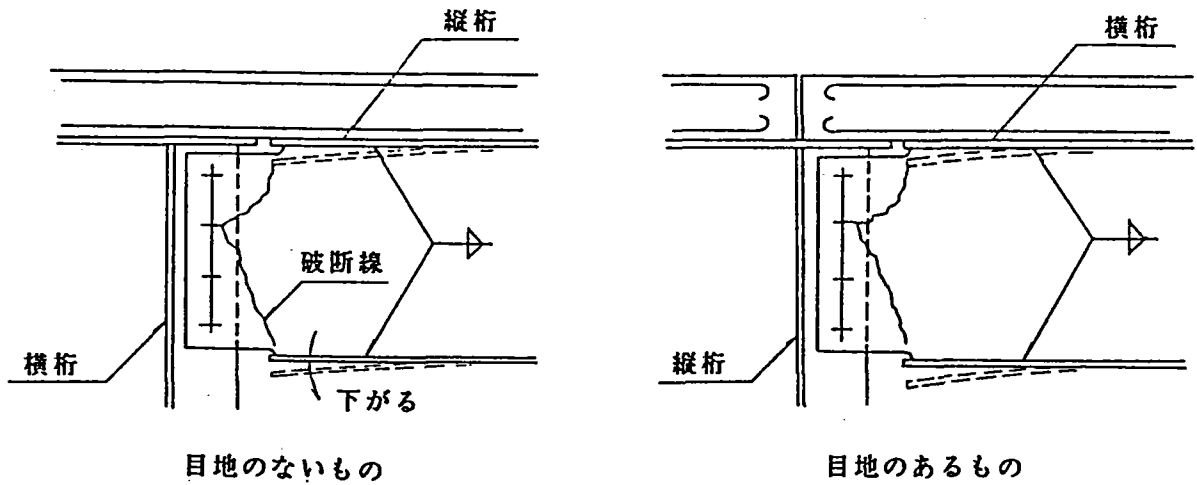


図 3. 2. 5 損傷状況

対策例

クラック部分の継手と主桁との連結をかねて、添接板を当て高力ボルト締めを行う方法がある。

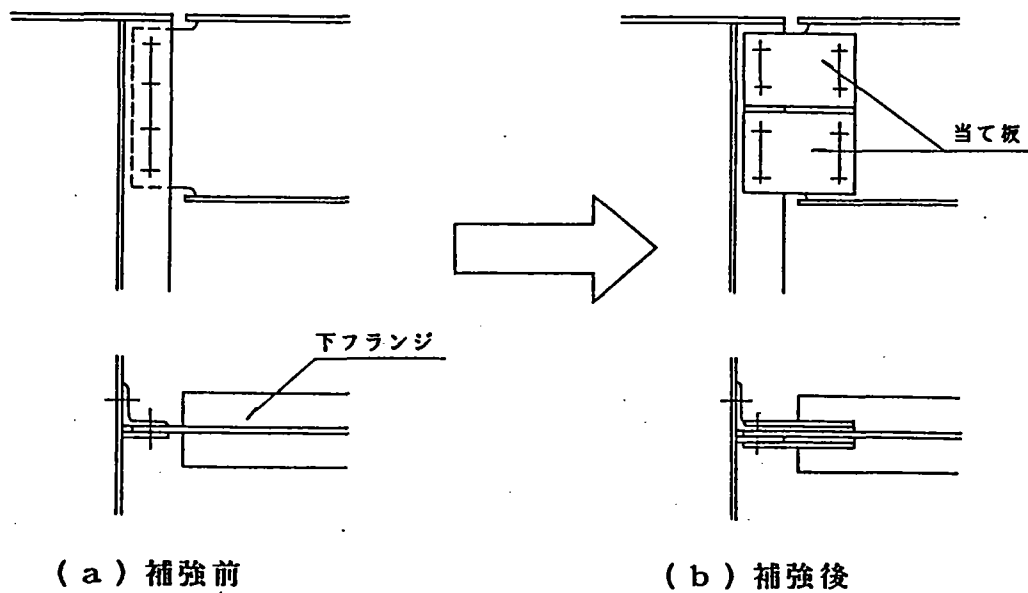


図 3. 2. 6 当板による補強の例

④ ブラケット取付部のクラック

損傷状況

標識柱に取り合うブラケットの箱桁にクラックが発生。

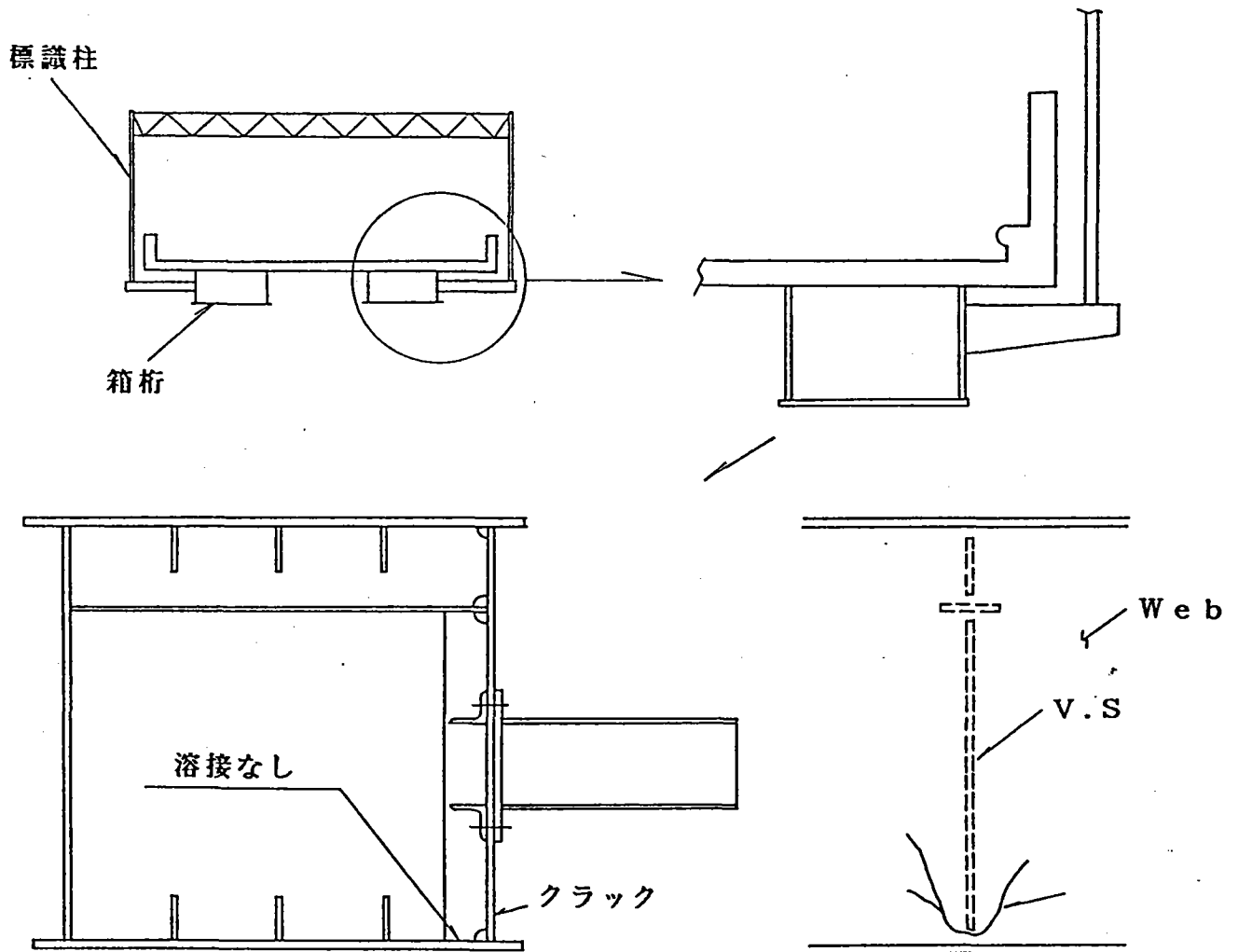


図3.2.7 ブラケット取付部のクラック

対策例

以下の手順で補修した例がある。

- ・ 標識柱を撤去し、外力を除去
- ・ 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
- ・ 損傷部を切断し、両面から当て板を当てて高力ボルトで補修

⑤ アーチ橋の補剛桁ウェブのクラック

損傷状況

端支柱上の補剛桁ウェブにクラックが発生

対策例

- ・ 端支柱上の補強

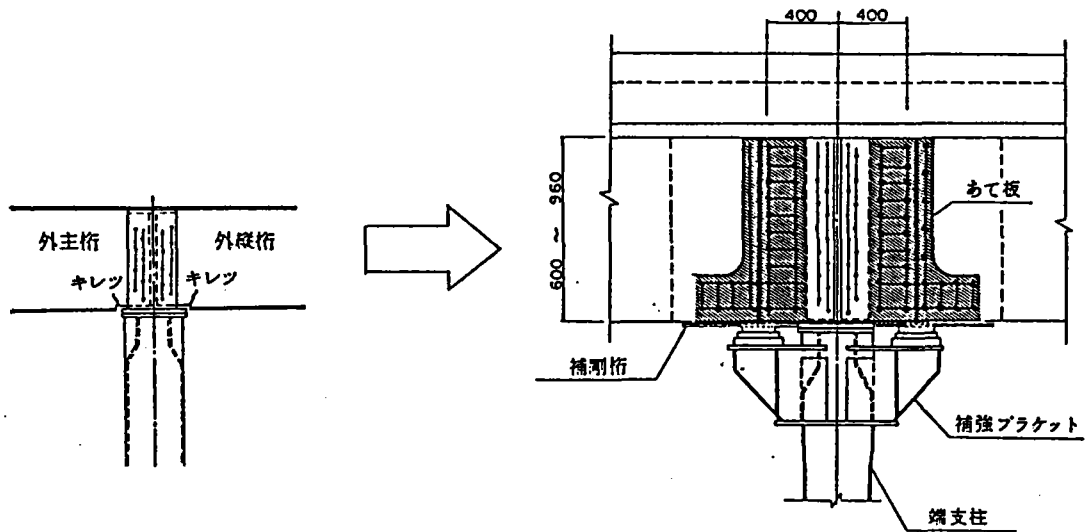


図 3. 2. 8 端支柱上の補強

- ・ 補強ラテラルの設置

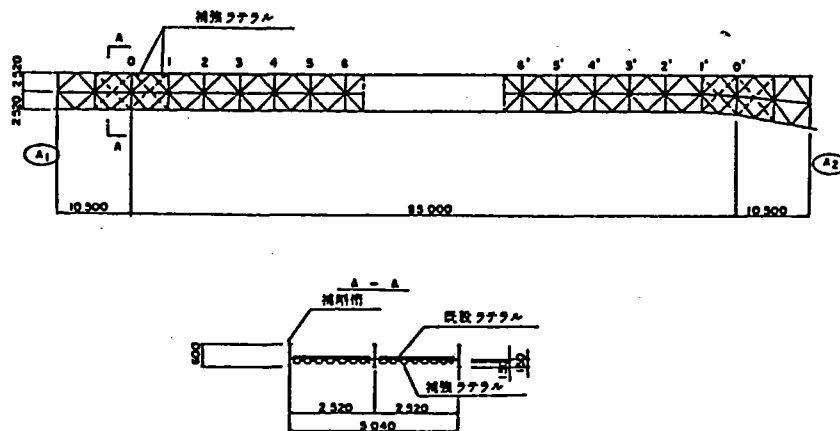


図 3. 2. 9 補強ラテラルの設置

⑥ タイドアーチ橋の横桁取付部のクラック

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。

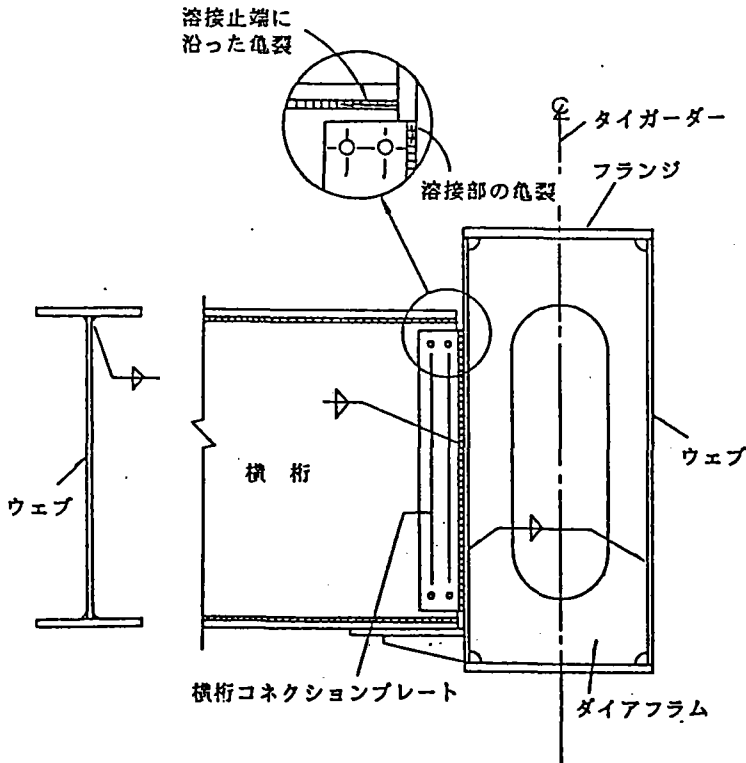


図3.2.10 横桁・タイガーダー接合部に生じたクラックの位置

対策例

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。

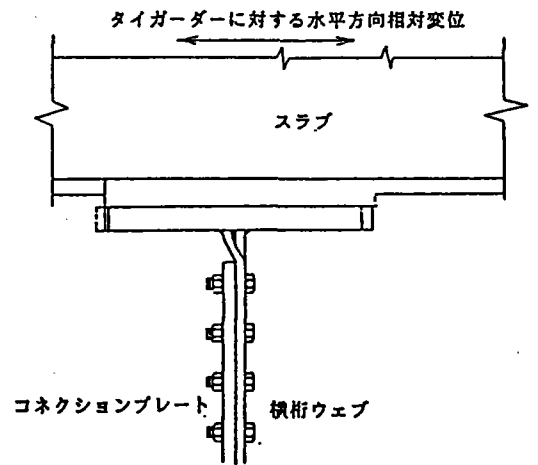


図3.2.11 横桁ウェブギャップの変形

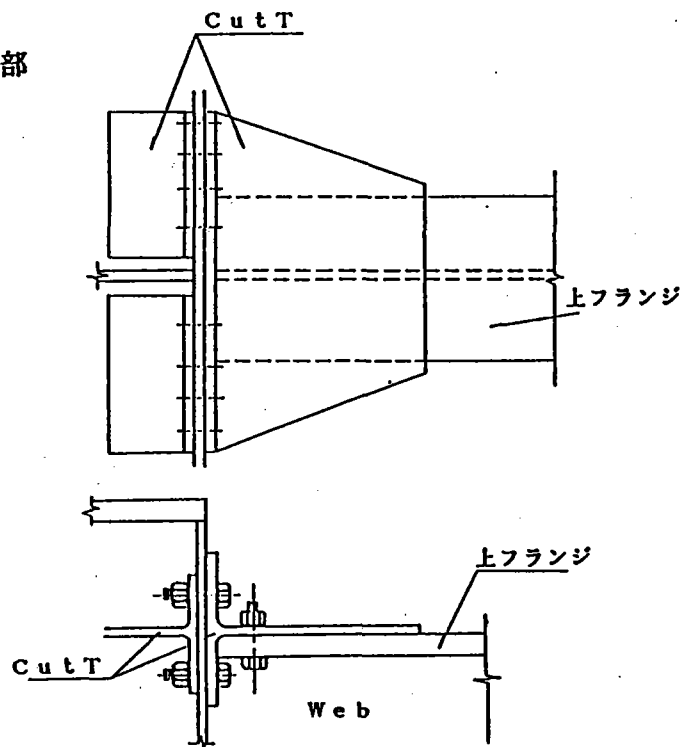


図3.2.12 補強後のディテール

3-3 溶接による補修・補強

(1) 概要

溶接補修は、疲労損傷部のクラックをグラインダー、ガウジング等で除去し再溶接することにより、損傷部の機能を回復させようとする方法である。したがって、一般的にはこの方法による効果は原形復帰であり、別の補強対策（添接板補強等）と併用される場合が多い。しかしながら、溶接割れ、融合不良、極端な厚不足等の溶接欠陥や、すみ肉溶接止端部の応力集中などが損傷の直接的原因である場合には、これらの要因を溶接補修により除去、改善することでクラックの再発生を防止することは可能である。

なお、溶接補修は橋梁建設時の現場溶接に較べ下記のような特別な注意点を有するので、予め施工試験を実施するなどして十分な品質の確保ができるような施工管理、施工方法を決定する必要がある。

* 溶接補修に伴う注意事項

① 溶接条件

- ・ 部材の組立精度 — — — 現場で既設の部材に取り付ける場合などでは部材の間隙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，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，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り替え。
- ・ バイパス工法――補修施工時に別の部材を取り付けて，断面力をバイパスさせての部材取り替え。

次項で，溶接による補修・補強例を示す。

(2) 補修・補強事例

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クラック

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、主応力の方向にクラックが成長したものである。(図3.3.1～図3.3.3)

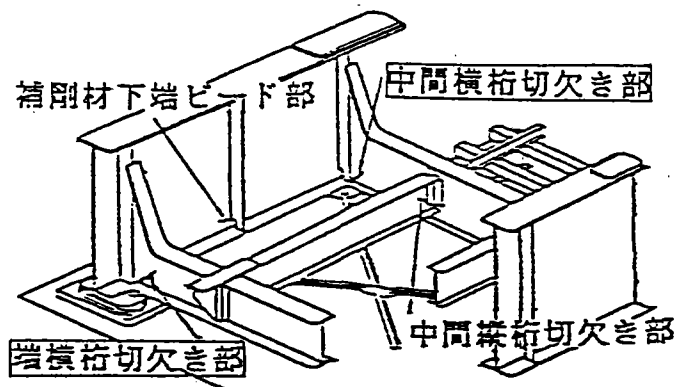


図3.3.1 下路プレートガーダーに発生した疲労クラック

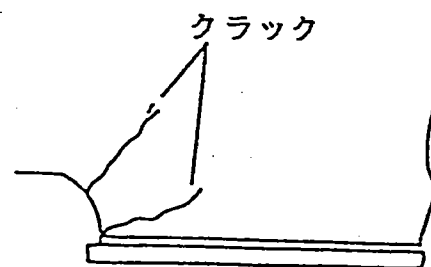


図3.3.2

切欠きコーナー及び溶接ビード止端部に発生したクラックの状況

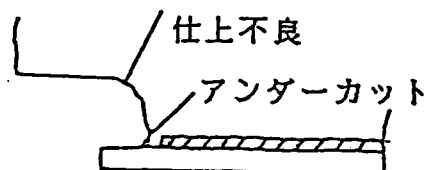


図3.3.3 切欠き部の特徴

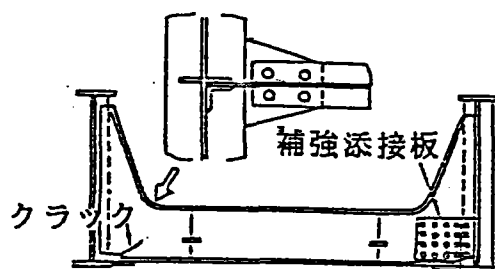


図3.3.4 横桁のクラックと補強

対策例

溶接及び添接板による補修

クラック部分にアークエアガウジング等をクラックの先端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添接板で補強する方法がある。添接板は腹板と同強度、同程度の厚さでクラック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3.3.4)

② 鋼鉄道橋の下路プレートガーダー，下路トラス縦桁切欠き部の疲労クラック

損傷状況

このクラック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クラックで，切欠き部のコーナー及び溶接ビード止端より主応力方向に進行するもので，数年間は少しずつ進むが段々速くなり，ついに破断にいたる場合もある。（図3.3.5～図3.3.7）

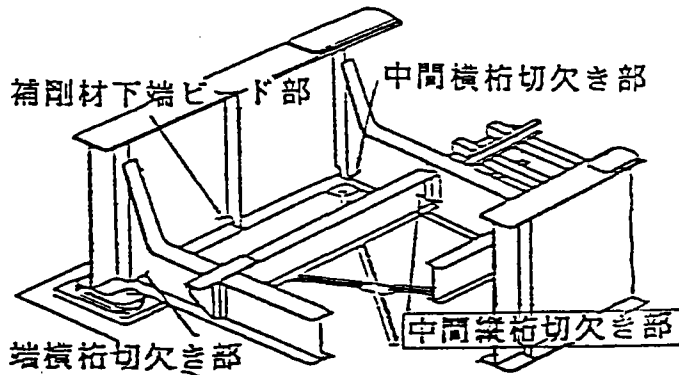


図3.3.5 下路プレートガーダーに発生した疲労クラック

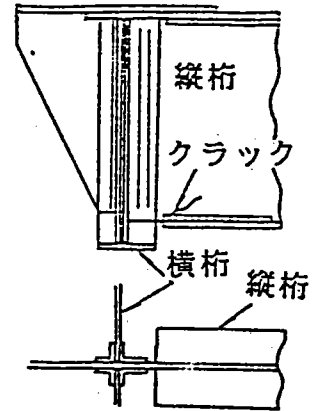


図3.3.6 縦桁の端部からのクラック

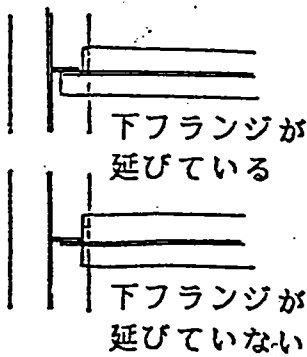


図3.3.7 フランジの構造

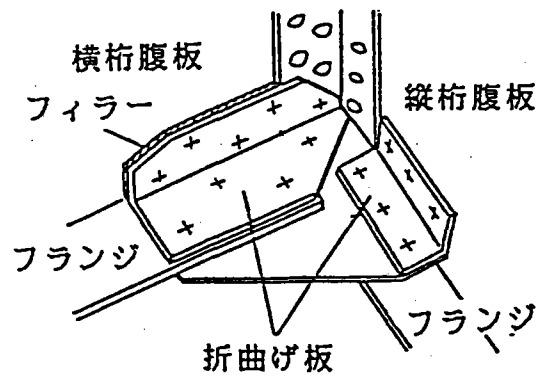


図3.3.8 縦桁切欠き部の補修・補強

対策例

溶接及び添接板による補修

クラック部は溶接補修するとともに，図3.3.8に示すような補強添接板による方法に加えて，下フランジの横揺れ防止による方法が用いられている。

なお，この場合の添接板は縦桁と同程度の強度，厚みでクラック部を十分覆うことのできる大きさとするのがよい。（図3.3.8）

④ 枝桁取付け溶接部の割れ

損傷状況

耳主桁と枝桁との取合い溶接部に、割れが発見された。(図3.3.12～図3.3.14)

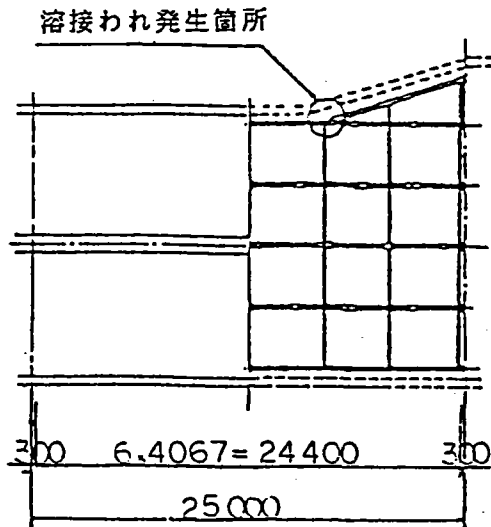


図3.3.12 損傷箇所

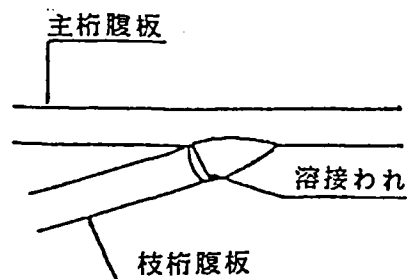


図3.3.13 溶接われの状況

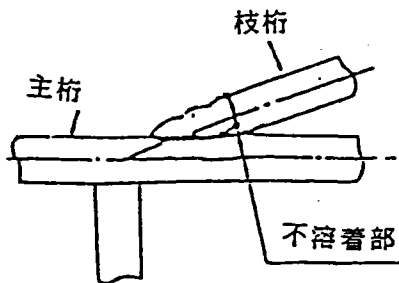


図3.3.14 溶着金属の状況

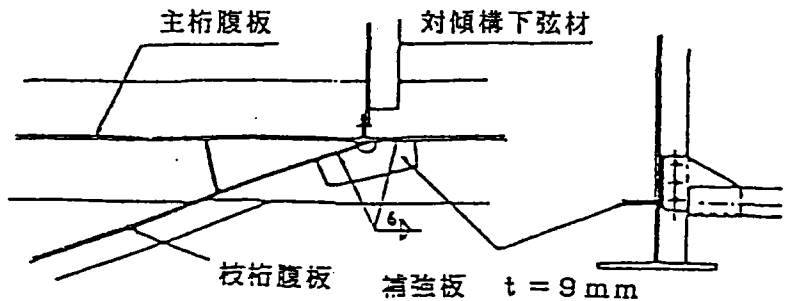


図3.3.15 補修溶接, 補強版取付け要領

対策例

補修は、溶接損傷部をガウジングによりはつきり取り、再溶接することにした。溶接の止端部はグラインダーで仕上げ、応力の流れに配慮した。

また、安全のために、対傾構下弦材重心位置の耳主桁外側に補強板を取付け、耳主桁と枝桁との角変形の発生防止を図った。(図3.3.15)

⑤ 鋼 I 桁主桁と横桁、対傾構との取合溶接部の割れ

損傷状況

鋼単純合成 I 桁の分配横桁、対傾構と主桁との取合部において割れが発見された。(図 3.3.15)

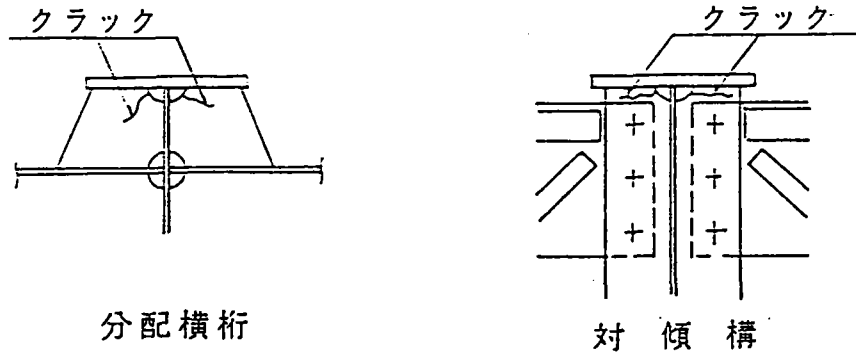


図 3.3.15 損傷箇所

	分配横桁	対傾構
旧標準	<p>スクラップは除去する</p>	
現標準	<p>スクラップは除去する</p>	<p>スクラップは除去する</p>

図 3.3.16 対策例

対策例

横桁取合部補剛桁及び対傾構取合部補剛桁のスクラップをなくし、補剛桁の板厚、すみ肉溶接サイズをアップする。

3-4. TIG処理

(1) 概要

鋼橋の疲労損傷として、対傾構取付部の補強リブや補剛材下端のすみ肉溶接部の止端部に発生する疲労亀裂の例が多く報告されている。このような疲労亀裂の補強方法としては、従来亀裂が軽微な場合はガウジングで疲労亀裂を除去し補修溶接後、グラインダー仕上げを行っていることが多い。また損傷が大きい場合は補強リブの取換え、あるいは補強プレートを高力ボルトで締め付ける等の方法がとられている。

しかし、これらの方法は現場溶接による歪等の悪影響の恐れがあり、また補修費用も多大となる。

このようなすみ肉溶接止端部の疲労亀裂の補修方法として、最近TIG処理が有効な方法として注目されている。

TIG処理は非消耗タングステン電極によるアークにより、すみ肉溶接止端部を再溶融し、その形状を改良する方法であり、また亀裂深さが浅い場合にはその亀裂を溶かし込む効果も期待できるものである。

(2) TIG処理の効果

TIG処理による疲労強度向上のメカニズムとして、

- ・ 止端部の形状改善
- ・ 硬さ増加による強度上昇

が挙げられる。

すみ肉溶接部の回し溶接部にTIG処理を施した場合、図-3.4.1に示すようにTIG処理により止端部の形状がなめらかとなり、これにより応力集中が緩和され、疲労強度を向上させることができる。

さらに、TIG処理後における硬さ分布も止端部において硬度上昇が見られこれも疲労強度改善の要因になると考えられる。

図-3.4.2はTIG処理を施した試験体の疲労試験結果であり、TIG処理を施すことにより疲労強度はかなり向上していることが分る。

また、表-3.4.1は種々の施工条件における回し溶接部の下向き姿勢によるTIG処理の溶込み量を調査した結果であり、適正な施工条件を選定すれば2mm程度の疲労亀裂を溶かし込むことができると考えられる。

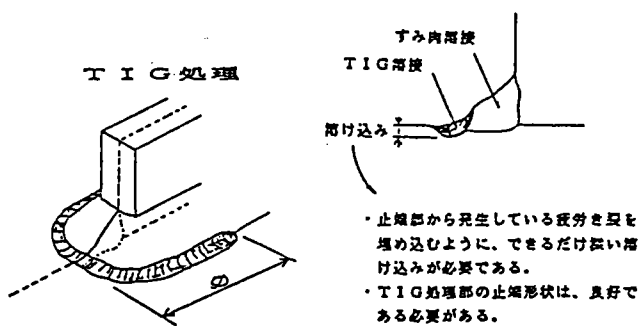


図-3.4.1 TIG処理

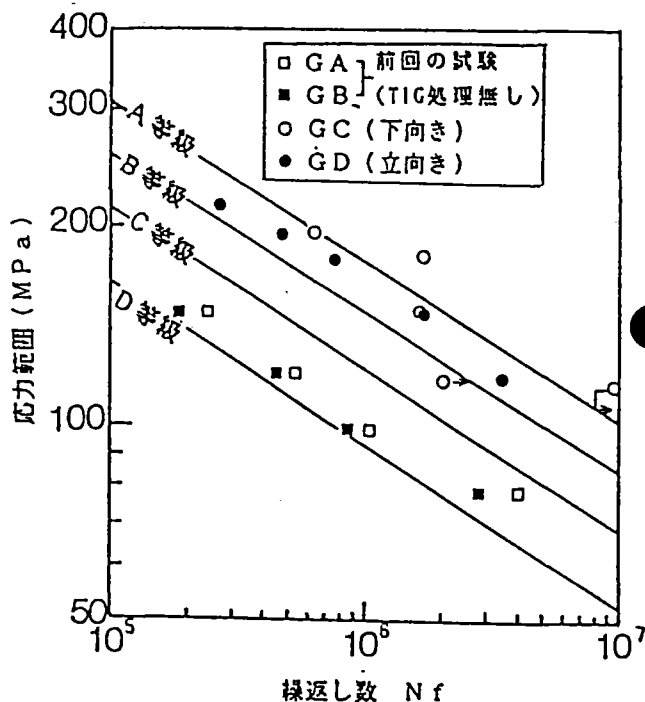


図-3.4.2 疲労試験結果

表-3.4.1 回し溶接部のTIG処理による溶け込み

単位: mm

溶接姿勢	TIG処理方法		溶接電流				
	運轉方法	マーク	200A	220A	240A	260A	280A*
下向き		A	2.5	2.7	2.5	2.7	2.8
		B	2.2	2.7	2.8	3.0	2.8
		C	2.0	1.8	2.0	1.8	2.2
		D	2.2	2.6	3.0	3.3	2.5
		E	2.0	2.5	2.5	2.5	2.0
		F	1.5	1.7	2.0	2.5	2.2

* 280Aの場合、TIG溶接部の形状がカットきりで悪くなる傾向にある。

(3) 施工要領

日本道路公団の維持修繕要領(案)にTIG処理の施工要領が記述されているので以下にこれを示す。

3-6-2 TIG処理

補修溶接を行った溶接ビードの止端部は、母材との境界線が残らないようにTIG処理にて再溶融し、滑らかに仕上げる。凹みは、図3-7のように0.7mm程度まで許容する。

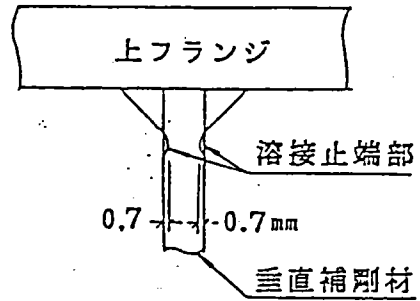


図3-7 TIG処理による止端部の仕上げ

TIG処理装置は、一般に図3-8のように構成されており、その原理は図3-9に示すように、不活性ガスの雰囲気中でタングステン電極と母材との間にアークを発生させ、このアーク

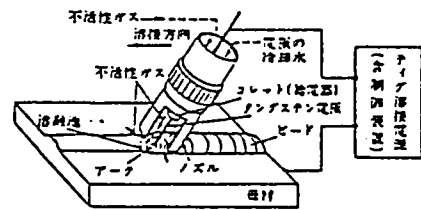


図3-9 TIG溶接法の原理

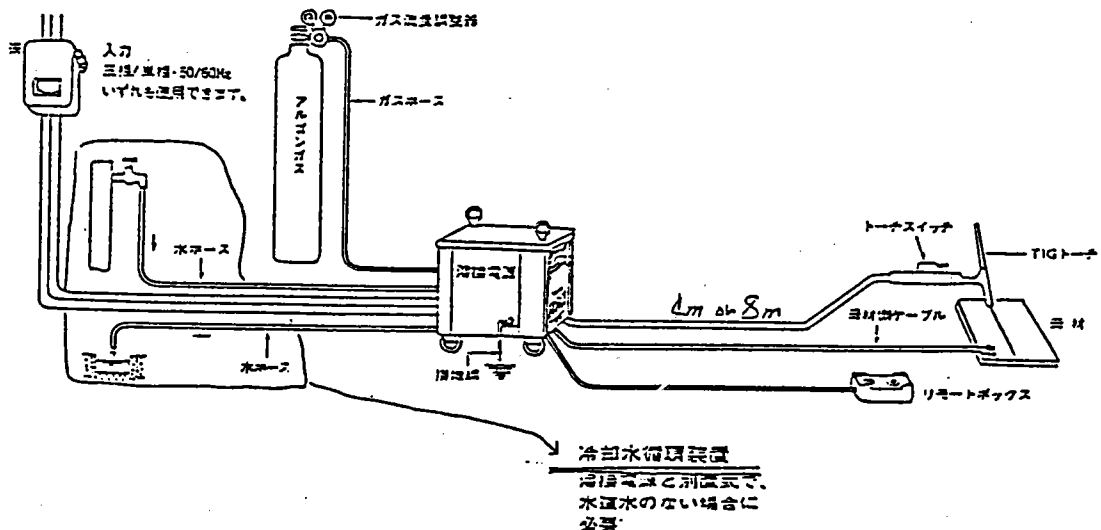


図3-8 TIG処理装置の構成

熱を利用して止端部を再溶融させて滑らかにする方法である。

TIG処理は、障害物がない状態では外観、溶け込みとも問題ないが、本要領の内容では上向き施工となり、図3-10に示す回し溶接部の垂直補剛材側（A部）には、カットが生じるケースがあるため注意を要す。この部分は溶接部が目で確認しにくいいため、溶融池が大きくなった場合にはブローホールが生じる可能性もあり、運棒には細心の注意を払う必要がある。また、施工位置付近にはガセットプレート、上支材などがあるため、これらの部材とのスペースが品質、作業性にも大きく影響する。溶接工はJIS Z 3801 A2Hの資格を有し、TIG溶接経験を有する者とする。

以下に標準的なTIG処理の条件と方法を示す。

狙い位置：溶接止端部

使用電極：3.2mmφ，トリ
ウム入りタング
ステン

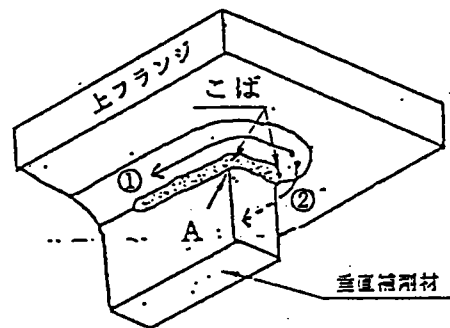
溶接電流：240Aを標準
とする。この場
合、アーク長は

出来る限り短く 図3-10 TIG処理の運棒方法
し（電圧：12～14V）、ビード形状を観察しながら
運棒する。

ガス流量：10ℓ/毎分

トーチ角度：狭隘な場所のため自ずと決まるが、出来る限り前進
法で、止端部に直角になるようにする。

運棒方法：垂直補剛材のこぼをスタート位置とし、図
3-10に示す①，②の順で両側に振り分ける。（運棒



(回し溶接部)

速度：10～20cm/毎分)

TIG処理を行った止端形状を写真-3に示す。

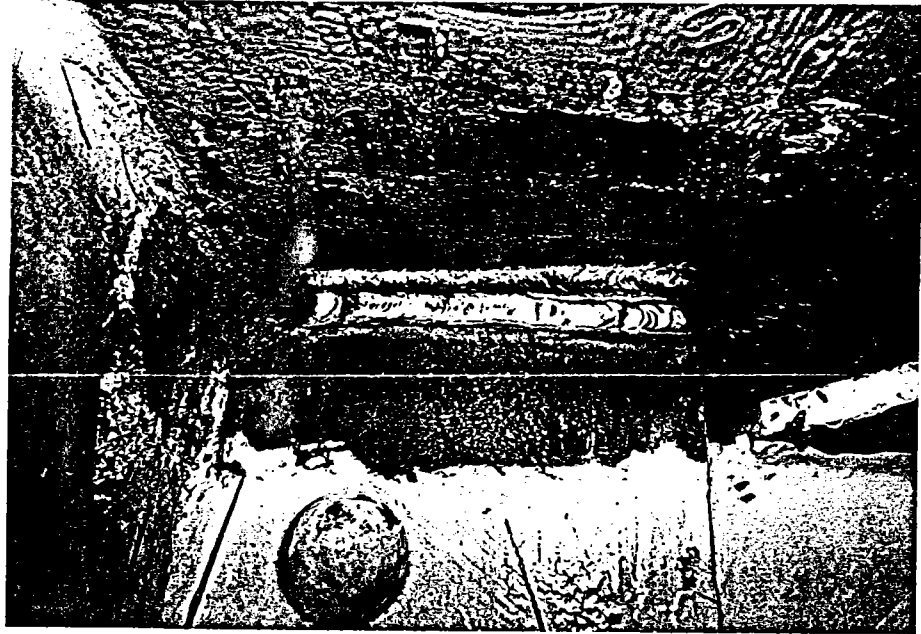


写真-3 TIG処理した止端部

3-7 検査

溶接部の検査は、道路橋示方書の溶接規定に従う。

溶接割れ等の検査は、目視を原則とするが、疑わしいと判断される場合は、浸透探傷試験その他の適切な非破壊検査により行う。

3-8 記録

補修施工日の気象条件、施工内容、施工従事者等を記録し、保存する。

4. 支承、支承まわりの補修・補強

4-1 補修・補強の目的

支承補修・補強の目的とするところは

- ① 支承に発生した損傷及び損傷原因を除去して機能回復を図ること。
- ② 支承部の補修・補強により地震時等の耐荷力を確保すること。
- ③ 発錆を除去し防錆を施し耐久性向上を図ること。

の3点に大別でき、損傷を放置しておく事はその損傷が上・下部構造を含む新たな損傷を招く原因となるので、早期に損傷を発見し適切な対策を講じることが重要である。

4-2 補修・補強工法の選定

補修・補強対策は、その対策によって支承本来の機能を回復させるものでなくてはならない。又、将来同じ様な損傷が生じないように行なう事が必要である。

対策はその効果・現場状況・損傷状況・損傷原因・施工性・通行車両への影響・橋体への影響などを総合的に検討して補修・補強工法を決定しなければならない。

図4.2.1に工法選定のフローチャートをしめす。

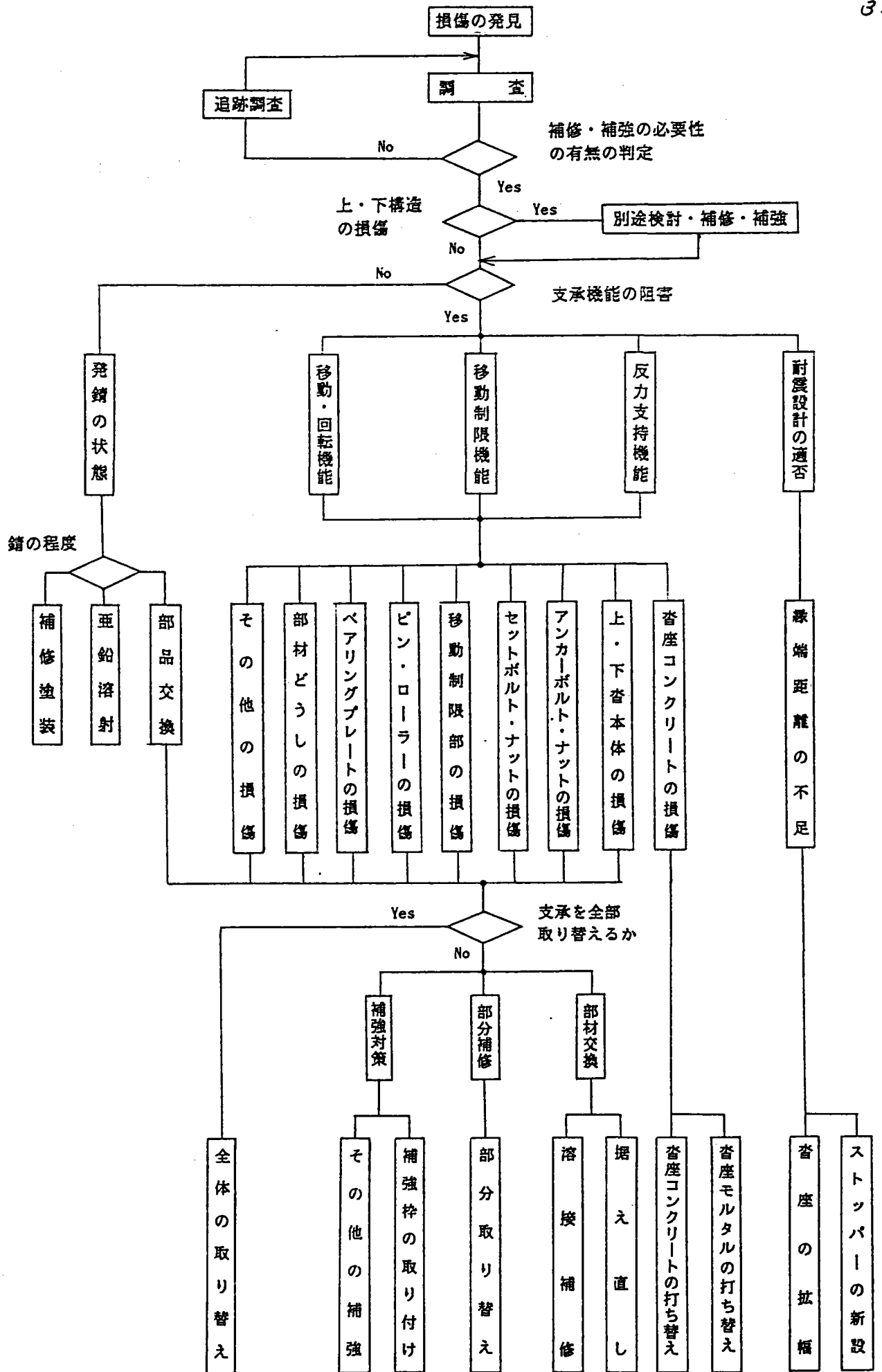


図4.2.1 工法選定フローチャート

4-3 補修・補強の事例

(1) 複数ローラー支承の交換

推定原因

伸縮継手の樋が土砂で詰まり、降雨時に溢水が支承に当たりローラー内部に土砂・錆等が堆積して移動機能が停止した。

対策例

既設上沓のみ残し、又は全部材を高硬度ローラー支承に交換する。

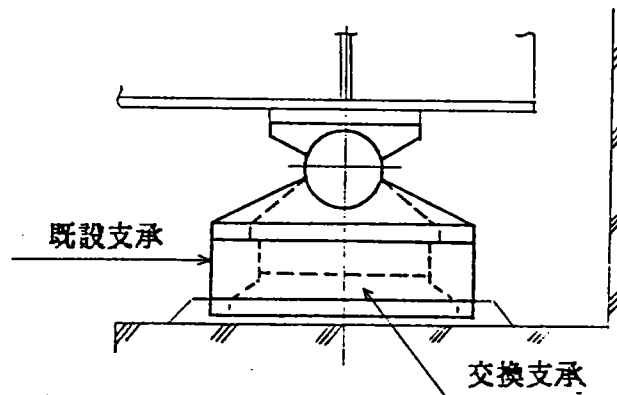


図4.3.1 ローラー支承の交換

(2) ベアリングプレート支承の交換

推定原因

沓座モルタルの施工不良により、施工時の鋼製ライナープレート間隔をスパンとする曲げを受け下沓中央部で破損した。

対策例

支承を標準支承に全部交換する。

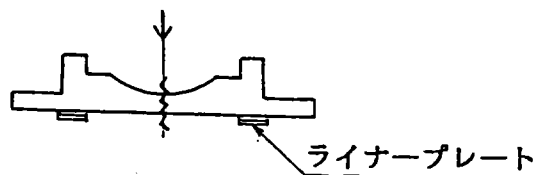


図4.3.2 下沓の破損

(3) 移動制限部材の交換

推定原因

底板の据付位置の不良、アバットの傾斜等により温度上昇時又は降下時に下査とサイドブロックが接触する。

対策例

変形サイドブロックを製作し交換する。

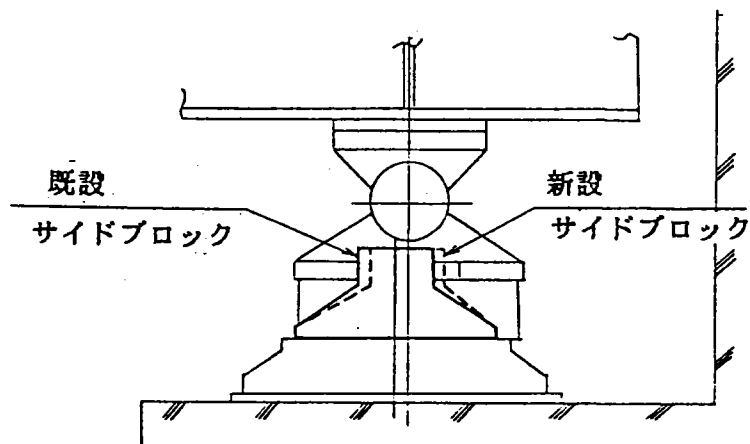


図4.3.3 サイドブロックの交換

(4) 補強枠の設置

推定原因

支承線上の下査の据付位置の不良により、橋軸直角方向の遊間が各支承で違い地震時等の移動で最小遊間の支承の下査立ち上がり部付け根にクラックが発生した。

対策例

補強枠で下査を押さえ高力ボルトで締め付ける。

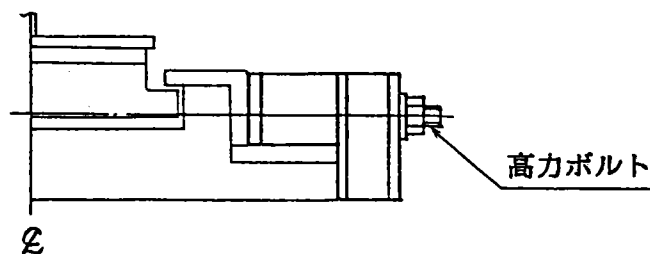


図4.3.4 補強枠による補修

(5) 下沓の据え直し

推定原因

ピン支承に地震時水平力が作用し、アンカーボルトが抜け出し沓座モルタルが破壊した。

対策例

橋台のコンクリートをアンカーボルトの埋め込み長さ下までハツリ、アンカーフレームを設置後下沓を据え直した。

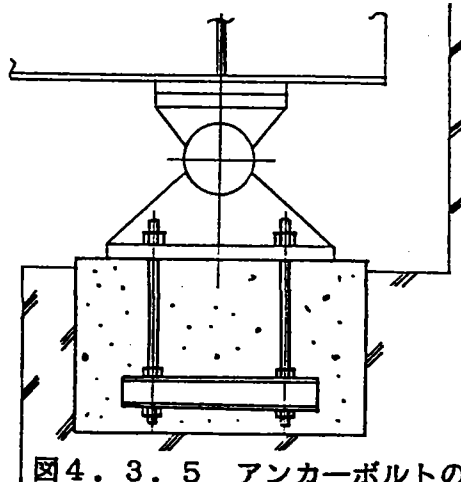


図4.3.5 アンカーボルトの補修

(6) 支承部の縁端拡幅

原因

現行の基準に合わない為。

対策

橋脚に削孔後アンカー鉄筋を樹脂で接着し普通コンクリート又は早強コンクリートを打設する。

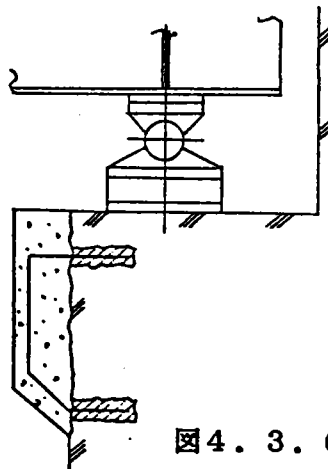


図4.3.6 縁端拡幅

(7) 亜鉛溶射

原因

狭隘な部分に位置するコンクリート橋等の支承で発錆が多くケレン・塗装等の施工性が悪く、防錆効果の耐久性が必要な場合。

対策

鋼スラグを使用し支承をブラスト後亜鉛溶射・上塗り塗装を行なう。

参考文献

- 1) 岩崎雅紀 他 ; 鋼橋の疲労損傷事例と補修・補強対策、
横河橋梁技報、NO.18 1989.1
- 2) 維持管理を考慮した鋼構造物の計画と設計、施工
阪神高速道路公団、 S60.3
- 3) 鋼構造物の補修・補強・改造の手引き
(財)鉄道総合技術研究所、 S62.7
- 4) 鋼橋の維持管理を考えた設計の手引き
(社)日本橋梁建設協会、 S62.6
- 5) 阪神高速道路における土木構造物補修事例集Ⅱ
阪神高速道路公団、 S62.3
- 6) John W.Fisher (阿部、三木訳監修) : 鋼橋の疲労と破壊、
建設図書
- 7) 柳田、香川、他 ; 道路橋補修の設計・施工
山海堂
- 8) 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)、 S63.2
- 9) 阪神高速道路公団 ; 道路構造物の補修標準〔鋼構造物編〕 S59.4
- 10) 坂本、阿部、深沢 ; TIG処理による疲労亀裂の補修の施工試験、
土木学会第42回年次学術講演会概要集第1部
- 11) 山田、近藤 ; 鋼部材の亀裂補修・補修後の疲れ挙動、土木学会論文
集、第368号 I - 5,1986.4
- 12) 西田 ; 応力集中、森原出版、1967
- 13) G. L. Fischer, H. G. Kobler ; Massnahmen Zur Lebens.
dauererh Ohung Angerissener Konstruktionen, Vortrage
des vierten LBF - Kolloquiums am 31.Januar und 1 Februar
1984 in Darmstadt.

- 14) 坂本, 阿部, 深沢 ; T I G処理による疲労亀裂の補修の施工試験
土木学会第42回年次学術講演会 S 62.9
- 15) 坂本, 阿部, 川上 ; T I G処理試験体の疲労試験
土木学会第43回年次学術講演会 S 63.10
- 16) 岩崎, 名取, 深沢, 寺田 ; 鋼橋の疲労損傷例と補修・補強対策
横河橋梁技法 NO.18.1989.1
- 17) 維持修繕要領(案) 日本道路公団(未発行)