

鋼橋維持管理技術者の
トレーニングマニュアル

Ⅴ. 対策工法編

対策工法の選定編 目 次

1. はじめに	1
2. 損傷事例	1
2-1 腐食によるもの	1
(1) 解説	1
(2) 事例	1
1) 主桁、床組	1
2) 添接部	1
3) 支承部	1
4) その他	2
2-2 疲労損傷によるもの	14
(1) 解説	14
(2) 事例	14
1) 主桁、床組	14
2) 添接部	15
3) その他	15
2-3 その他の要因によるもの	49
1) 主桁、床組	49
2) 支承部	49
3) その他	49
3. まとめ	64

[参考資料. 技術用語集]

1、はじめに

鋼橋を安全にかつ長期間使用する上で定期的な点検調査は必要不可欠である。点検調査により、損傷、変状をできるだけ早期に発見し、適切な補修・補強を行うことは、安全の確保、延命、ひいては供用後の維持管理にかかるランニングコストを考慮した場合の経済性の面からも有利となる。しかしながら、鋼橋の損傷、変状は多種多彩でこのような損傷、変状に対して、「どの段階で」、「どの方法で」、「どの程度」の補修、補強を行うかの判断が重要となる。

本報告書は、補修・補強に関して、今まで実施された代表的な施工事例を損傷、変状の種類、部位別に分類したものである。

2、損傷事例

2-1 腐食によるもの

(1) 解説

鋼橋の防錆・防食は一般に塗装により行われており、塗膜が健全な間は腐食は発生しない。このために一定周期で塗り替えが行われている。しかし、塗り替えが行われていても、鋼橋の桁端部や支承部周辺など水分やごみが滞留しやすい箇所では、早い時期に、塗膜が劣化し、局所的な腐食が進行する。海岸地域では、塩分の付着による部材の腐食が著しく進行する。その結果断面減少等の変状が発生し、安全性や耐久性を左右する要因となる。

ここでは、腐食部材の補修・補強事例について報告する。

(2) 事例

1) 主桁、床組

① 床組（横桁、縦桁）下フランジの腐食

② 横桁ウェブの腐食

2) 添接部

① 箱桁現場継手部の腐食

② リベットの腐食

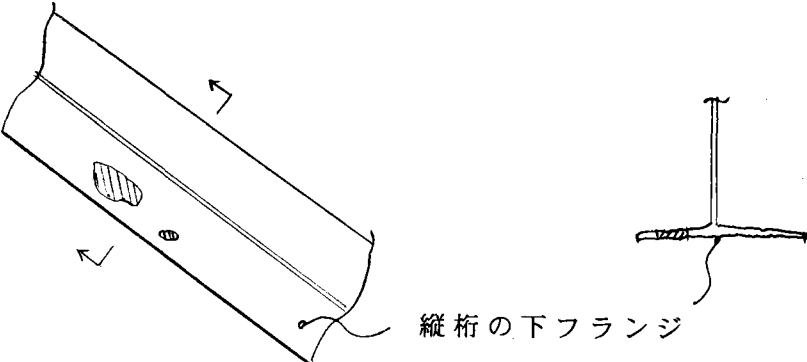
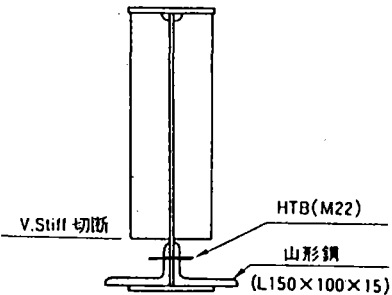
③ ボルトの腐食

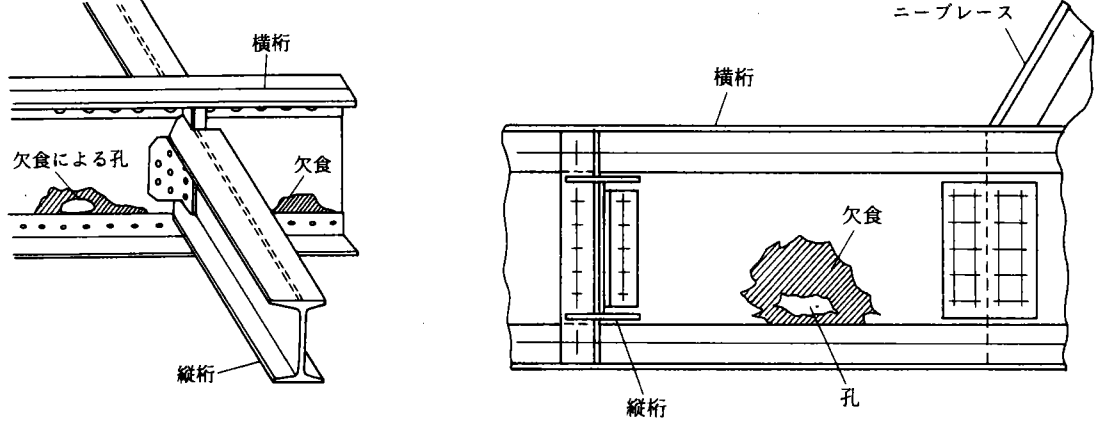
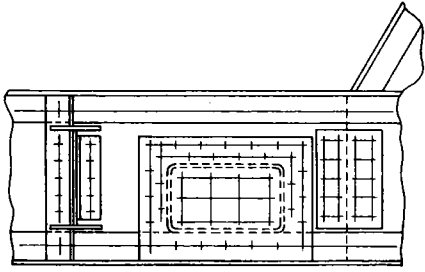
3) 支承部

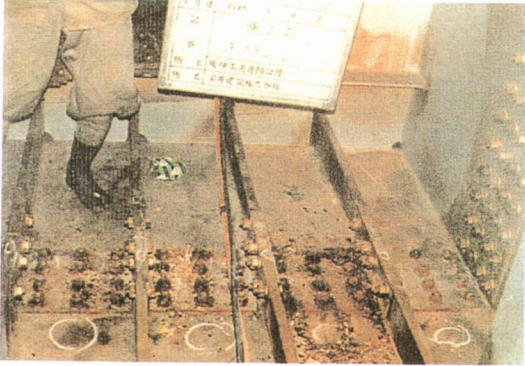
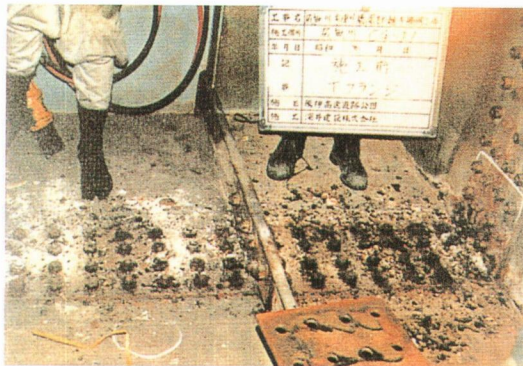
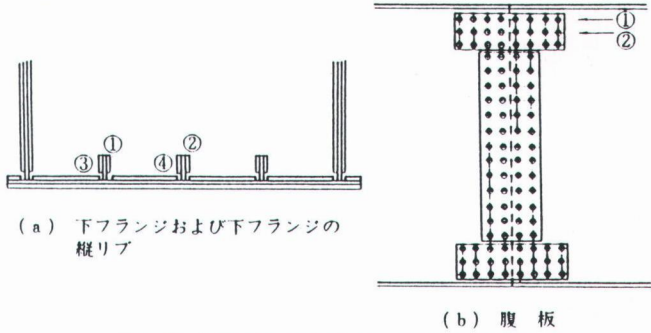
① 可動支承ローラーの脱落

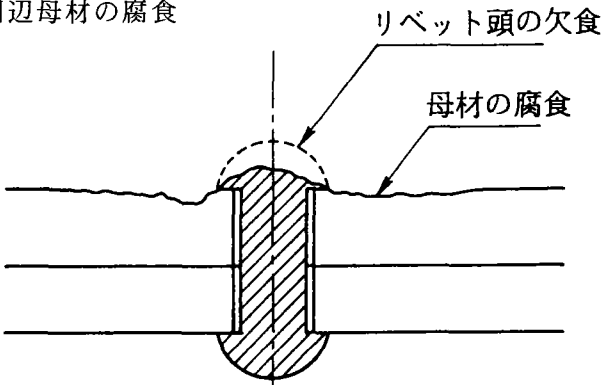
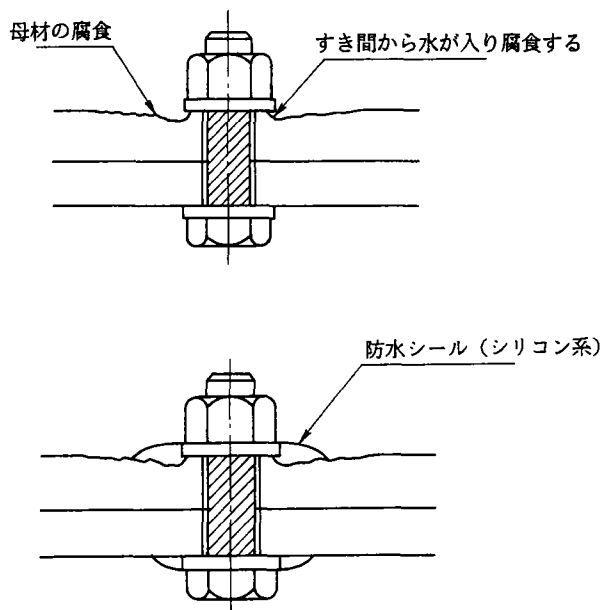
4) その他

- ① 腐食による斜張橋ケーブルの損傷
- ② 吊橋ケーブルの損傷 (ハンガーロープの腐食)
- ③ 吊橋ケーブルの損傷 (ケーブル素線の腐食)
- ④ 吊橋ケーブルの取替 (腐食損傷)

損傷名	① 床組（横桁、縦桁）下フランジの腐食
損傷の概要	<p>昭和37年竣工の利根川河口部を横断する5径間連続トラス橋の床組の下フランジ側に腐食（欠食もあり）がみられる。</p>  <p style="text-align: right;">縦桁の下フランジ</p>
原因の推定	<p>本橋は太平洋に近い河口部という立地条件のため塩害による腐食が進行したためとみられる。 本橋施工時には重防食塗装という考え方が確立されていなかったようだ。</p>
補修方法	<p>腐食による曲げ剛性の低下をアップするために、ウェブ下端近傍に補強材（山形鋼）を取り付けた。 取り付け方法は、供用中の振動に対する信頼性及び腐食面の凹凸に対処するため、溶接ではなく高力ボルトによる現場摩擦接合としている。</p> 
備考	

損傷名	② 横桁腹板の腐食	
損傷の概要	<p>道路橋の横桁（特に桁端部）の腹板下端（下フランジ側）に腐食が多くみられる。中には孔の明いている例もみられる。</p> <p>鉄道橋においても開床式の下路プレートガーダーや上・下路トラスの横桁腹板は腐食が進み、断面欠損に至っていることが多い。</p> 	
原因の推定	<p>道路橋桁端部は路面に伸縮装置が設置されており、雨水等による漏水の為に腐食が進んでしまう。桁端部は狭隘な部分であり維持管理や点検がしにくいいため発見が遅れるようである。</p> <p>鉄道橋においては、過去の列車汚物等によって腐食が進んだようだ。</p>	
補修方法	<ol style="list-style-type: none"> 腐食が進んでいても、耐力上問題のない場合には腐食部の錆落としを行い防食或いは重防食塗装を行う。 腐食が一部分ではあるが耐力上問題のある場合や欠食により孔があいている場合は、腐食部をガス切断し、あて板（母材と同材・同厚）をあて高力ボルトで補修する。 腐食が全体に及んでいる場合は、新材（リベット構造の場合はフランジ山形鋼も含）に取り替えることを検討するのがよい。  <p>あて板を行う場合の作業の流れ</p> <p>欠食部の錆落とし → 切断位置の確認 → 切断線4隅のドリルによる孔明け → ガス切断</p> <p>→ 切断端面のグラインダー仕上げ → あて板高力ボルト孔の孔明け → 切断部の中埋板施工</p> <p>→ 高力ボルトによるあて板施工 → 塗装</p>	
備考	<p>文献：鋼構造物補修・補強・改造の手引き（（財）鉄道総合技術研究所）</p>	

損傷の名称	①箱桁現場継手部の腐食
<p>損傷の概要</p>	<p>昭和44年11月～45年1月に架設され、架設後8年経過した3径間連続鋼床版箱桁橋の内部添接板および高力ボルトが写真4.73,4.74に示すように著しく腐食しているのが発見された。しかし、高力ボルト(F11T規格)は、かなり断面欠損を生じていたが、折損はしていなかった。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">写真4.73 箱桁添接部内部の腐食 写真4.74 箱桁添接部内部の腐食</p>
<p>原因の推定</p>	<p>現場継手部の隙間から、箱桁内へ雨水が浸入し、勾配の低い箇所へ常時滞水し、腐食を進行させたものと考えられる。</p>
<p>補修方法</p>	<p>腐食のひどい下フランジ内面および下フランジの縦リブについては、添接板および高力ボルトを、腹板については高力ボルトを取り替えて、補修塗装を実施した。また、上フランジについては、塗装補修を実施した。</p> <p>添接箇所は、全体で160箇所あり、このうち添接板および高力ボルトの取替えは、それぞれ、46箇所2336本にものぼった。</p> <p>下フランジの縦リブおよび添接板の取替えは、添接板ごとに、図4.69に示す順序で、清掃、添接板の取付け、高力ボルトの締付けを実施している。</p> <p>腹板の高力ボルトの取替えは、同図(b)に示す順序で、列単位に1本ずつ取りはずして清掃、高力ボルトの締付けを実施している。</p> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 下フランジおよび下フランジの縦リブ (b) 腹板</p> </div> <p style="text-align: center;">図4.69 添接板および高力ボルト取替え順序図</p>
<p>備考</p>	<p>内部の腐食環境を改善するためには、次のような方策を講ずることが必要と考えられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 雨水の浸入を防止する。 ② 浸入した雨水等をできるだけ早く排出する。 ③ 通風をよくする。 <p style="text-align: center;">文献：道路橋のメンテナンス（財団法人 阪神高速道路管理技術センター）</p>

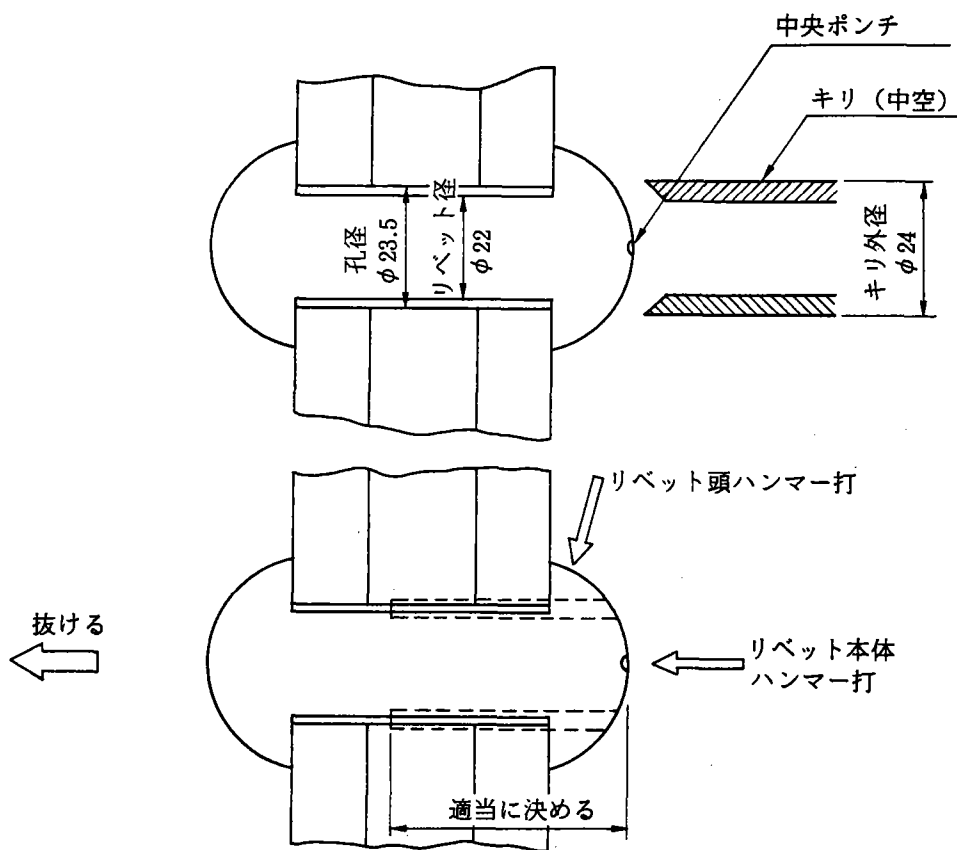
損傷名	② リベットの腐食
損傷の概要	<p>リベット頭及び周辺母材の腐食</p> 
原因の推定	<p>添接部は一般に表面に凹凸があるため、ケレンが充分に出来ないことや、塗料が乗りにくい。また、鉄道橋においては枕木直下の塗装できない部分は母材と同様に断面欠損に至ることがある。</p>
補修方法	<p>リベットは支圧接合であるため、弛まない限り継手強度の低下はあまりないので、安易に高力ボルト等に替えない方がよい。その理由としては、リベットが腐食した状態下では周辺母材にも腐食による凹凸が生じているため、取り替えた母材との密着性が悪く、隙間を生じて、そこから雨水等が進入して腐食が促進されることが考えられる為である。</p> <p>従って、リベットが弛んでいない場合には、腐食部の鏝落としを行い防食或いは重防食塗装を行い腐食の進行を抑えることが望ましい。</p> <p>但し、弛んだ場合には支圧接合としての耐力が期待できないため、早急に高力ボルトや打ち込み式高力ボルトに交換するのがよい。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">リベットを高力ボルトに取り替えた場合</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">対策図</div>

リベット撤去ステップ

1. 治具の取付け
2. リベット中心へのポンチ打ち
3. 電動ドリルの据え付け
4. せん孔
5. 電動ドリルの取り巻き
6. リベット頭をハンマー打で撤去
7. リベット本体をハンマー打で撤去

なるべくリベット施工時の受座側より抜くのがよい。
(中心を取るため)

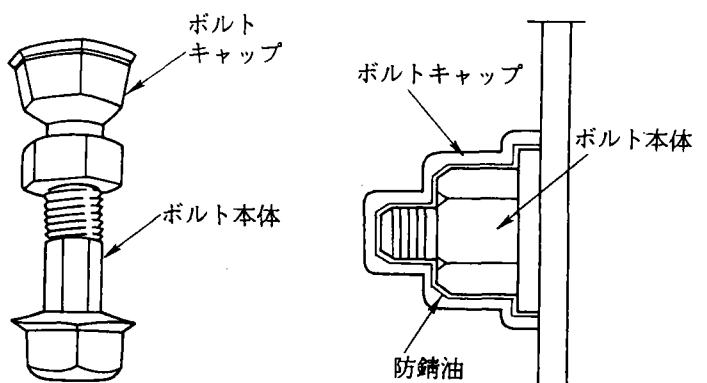
補修
方法

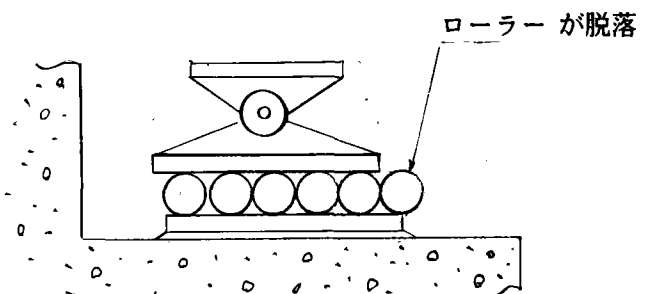
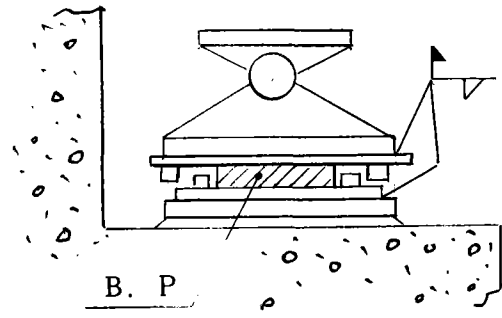


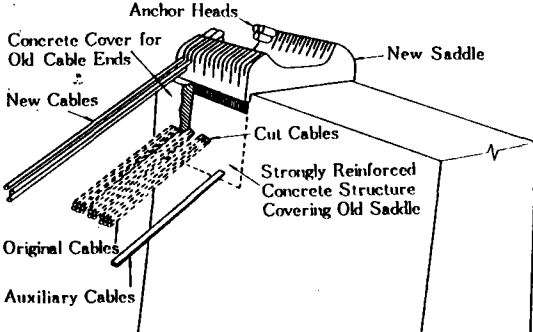
【参考】電気ドリル：日立製 BU-PN3, 100V, 6.5A, 620W, 回転数750回/分
ドリル刃：大見工業製, 超硬ホールカッターTG型(21~25φ型)

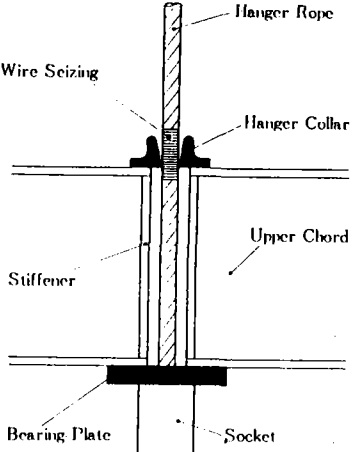
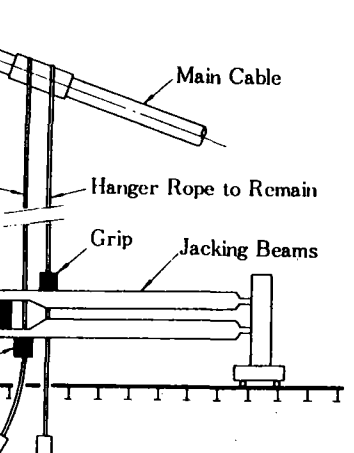
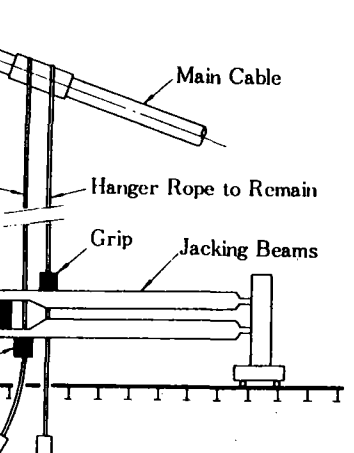
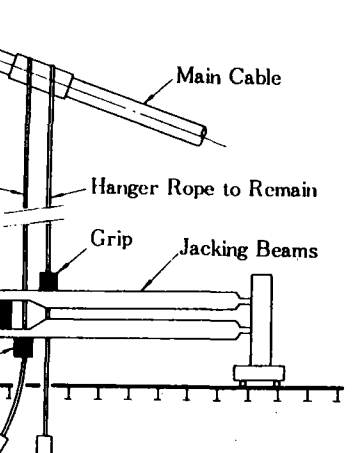
備考

文献：鋼構造物補修・補強・改造の手引き（（財）鉄道総合技術研究所）

損傷名	③ ボルトの腐食	
損傷の概要	ボルト、ナットの使用部位の腐食	
原因の推定	<p>ボルトやナットの使用部位は、十分なケレンがしにくいことや、塗膜厚にムラが出来やすく塗料が十分に乗らないことから、他の部位よりも発錆が早いことが多い。この状態で長期間放置されると断面欠損を伴う腐食に至ることがある。</p> <p>特に、高力ボルトはリベットと異なりボルト頭やナットが欠食すると、所定の軸力を保持できなくなり交換しなければならなくなる。</p>	
補修方法	<ol style="list-style-type: none"> 1) ボルトキャップ（塩化ビニール製）による防食 2) 特殊な塗装（超厚膜型無溶剤エポキシ樹脂系塗料）による防食 本数が多い時はワンタッチガンによる施工が望ましい。 3) 断面欠損によりボルトが弛んだ場合には、新規のボルトナットに交換する <div style="text-align: center;">  <p>図1 ボルトキャップおよびその取付け</p> </div>	
備考	<p>文献：鋼構造物補修・補強・改造の手引き（（財）鉄道総合技術研究所）</p>	

損傷の名称	① 支承ローラーの脱落
<p>損傷の概要</p>	<p>可動支承のローラーが橋軸方向に対して斜めや一部のローラーが脱落している。</p> 
<p>原因の推定</p>	<ul style="list-style-type: none"> 下部工の変位に対し、可動シューの移動量が追従できず脱落してしまった 長期経年でローラーが腐食し、温度変化、たわみに追従できなかった。
<p>補修方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> 可動シューのローラーをB. Pに取り替えた。 <pre> 仮受け ← 仮受け用に端横桁の補強 ↓ ローラーの撤去 ↓ 間隔材の取付 ← 間隔材は現場溶接で取付 ↓ B・Pのセット ↓ END </pre> 
<p>その他</p>	

損傷の名称	①腐食による斜張橋ケーブルの損傷	
損傷の概要	<p>斜張橋ケーブルの損傷、補修の代表例を以下に示す。</p> <p>Maracaibo 橋^{*)}(ステイクケーブル取替例)</p> <p>所在地 ベネズエラ マラカイボ湖</p> <p>支間割 5@236m</p> <p>ケーブル $\phi 74$mm ロックドコイルロープ</p> <p>開 通 1962年</p> <p>1974年から1978年にかけて、このロックドコイルロープに、錆に起因すると思われるワイヤ断線が散見された。1978年に総点検を実施したところ、計500本のワイヤの断線が確認され、さらに翌1979年には、ロックドコイルロープ1本が破断するに至った。このあと、ただちに改修工事に入ったが、工事中さらに2本のロックドコイルロープが破断したと報告されている。</p>	
推定原因	<p>本橋の設計は西ドイツの業者であるが、当時、西ドイツでは亜鉛めっきはワイヤの水素ぜい化を促進し、有害であるとする説があったため、本橋のステイクケーブルには亜鉛めっきをしないロックドコイルロープを使用していた。</p> <p>損傷の原因は、①ロックドコイルロープに亜鉛めっきが施されていないこと、②多量の海塩粒子、③70～80%にもおよぶ高湿度、による腐食であったと考えられている。</p>	
補修方法	<p>本橋のケーブル取替工事は、下図に示すように、まず簡易サドルと補助ケーブルを架設し、旧サドルと簡易サドルをRCで埋め込んだ。この上に鋼製の新サドルをアンカボルトで設置し、ついで旧ケーブルを切断し、荷重を補助ケーブルに盛り替えた。このあと、新ケーブルを架設したわけであるが、旧ケーブルが塔頂サドルを通過するスルータイプであったのに対し、新ケーブルは塔頂でソケット止めされるタイプとなった。</p>  <p>The diagram shows a cross-section of the bridge tower top. It labels 'Anchor Heads' at the top, 'Concrete Cover for Old Cable Exits' on the left, 'New Cables' being installed from the left, 'Cut Cables' being removed from the center, 'Original Cables' below them, and 'Auxiliary Cables' supporting the load. A 'New Saddle' is shown on the right, and a 'Strongly Reinforced Concrete Structure Covering Old Saddle' is at the bottom.</p>	<p>＜ケーブル取換えの施工順序＞</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 新サドルの設置 ② 旧ケーブルからの荷重の解放 ③ アンカーチャンネルの清掃 ④ 新ケーブルの吊上げ ⑤ 新ケーブルの据付け <p>ケーブルのアンカーヘッド下端は各チャンネルに入れられ、アンカーヘッド上端はサドルに掛けられた。それから、アンカーヘッド下端は300mmのスチールワッシャーにより固定された。ケーブルトラスはその後除去され、最終的に172tの引張り力がかかる。</p>
その他	<p>このプロジェクトの工期は2年間、工費は5000万ドルを要した。この補修により、マラカイボ橋の寿命は大幅に延び、今後の維持補修、将来のケーブルの取換えが容易にできるようになった。</p>	

損傷の名称	②吊り橋ケーブルの損傷(ハンガーロープの腐食)	
損傷の概要	<p>吊橋のケーブル関係部位のうち、もっとも損傷を受けやすいのはハンガーロープ下端の桁定着部付近である。とくに、①ソケットの真上15cm ぐらいまでの部分と、②ハンガーカラー取付部で腐食が多い。</p> <p>George Washington 橋³⁾(ハンガーロープ取替例)</p> <p>所在地 アメリカ ニューヨーク州</p> <p>支間割 186m+1067m+198m</p> <p>ケーブル $\phi 914\text{mm} \times 4\text{本}$ ($\phi 4.98\text{mm} \times 434\text{本} \times 61\text{ストランド/ケーブル}$)</p> <p>ハンガー $\phi 73\text{mm}$ ワイヤロープ</p> <p>開 通 1931年</p> <p>「ハンガーカラーを取りはずしてみると、ほとんどのワイヤージングがなくなっていた。ごみがカラーとロープの間に堆積して、ロープの外側ワイヤが腐食している。592本のハンガーロープ中、ワイヤが3本以上断線しているもの21本、2本断線が10本、1本断線が29本あった。また、断線はないものの、摩擦によるすり減りの認められたものが6本あった。」</p>	 <p>A cross-sectional diagram of a hanger rope connection. It shows a vertical hanger rope passing through a hanger collar. The collar is seated on a bearing plate which is attached to a socket. The upper chord of the bridge is positioned above the collar. The diagram highlights 'Wire Seizing' occurring between the hanger collar and the upper chord.</p>
推定原因	<p>ハンガーロープの桁定着部を模式的に表すと右図のようになる。通常の吊橋では、スティフナと上弦材ウェブによりハンガーロープを囲む空間が狭く、この部分は点検・清掃を十分おこなえず、ごみがたまりやすい。さらに、ハンガーロープの下端であるため、ハンガーロープをつたわって下降した雨水の滞留場所となる。これらのごみと湿気がハンガーロープ腐食の最大原因である。ハンガーカラーの部分では、ハンガーロープにワイヤージングが施されている場合があり、この部分での雨水の保持を助長する結果となりやすく、やはり、ハンガーロープ腐食の原因となっている。</p>	 <p>A schematic diagram of a hanger rope replacement process. It shows a main cable supported by a hanger rope. A jacking beam is used to lift the hanger rope. A jack is placed under the jacking beam to provide the lifting force. The diagram labels the 'Main Cable', 'Hanger Rope to be Removed', 'Hanger Rope to Remain', 'Grip', 'Jacking Beams', 'Jack', and 'Socket'.</p>
補修方法	<p>その後、損傷度合の高かった19本のハンガーロープが取替えられた。ハンガーロープ取替用のジャッキ装置の概念図を下図に示す。残る側のハンガーロープで反力を支持し、とりはずす側のハンガーロープの下端をゆるめ、フロアビームからソケットをはずそうとするものである。新しいハンガーロープの取付けは、これと逆の手順でおこなうことができる。</p>	 <p>A schematic diagram of a hanger rope replacement process. It shows a main cable supported by a hanger rope. A jacking beam is used to lift the hanger rope. A jack is placed under the jacking beam to provide the lifting force. The diagram labels the 'Main Cable', 'Hanger Rope to be Removed', 'Hanger Rope to Remain', 'Grip', 'Jacking Beams', 'Jack', and 'Socket'.</p>
その他		 <p>A schematic diagram of a hanger rope replacement process. It shows a main cable supported by a hanger rope. A jacking beam is used to lift the hanger rope. A jack is placed under the jacking beam to provide the lifting force. The diagram labels the 'Main Cable', 'Hanger Rope to be Removed', 'Hanger Rope to Remain', 'Grip', 'Jacking Beams', 'Jack', and 'Socket'.</p>

損傷の名称	③吊り橋ケーブルの損傷(ケーブル素線の腐食)	
損傷の概要	<p>Brooklyn 橋^{1),2)} (平行線ケーブルの部分取替例)</p> <p>所在地 アメリカ ニューヨーク州</p> <p>支間割 285m + 486m + 285m</p> <p>ケーブル $\phi 394\text{mm} \times 4\text{本}$ ($\phi 4.8\text{mm} \times 320\text{本} \times 19$ ストランド/ケーブル)</p> <p>ハンガー $\phi 35\text{mm}$ ワイヤロープ $\phi 57\text{mm}$ ロッド</p> <p>開 通 1883年</p> <p>開通後100年を目の前にして実施された詳細点検で、つぎのような報告がなされている。</p> <p>「中央径間のケーブル最下点に木製のくさびを打込み内部を観察したところ、一部はわずかに変色しているものの、ワイヤの亜鉛めっきは健全であった。アンカレッジでは、スプレー部分のワイヤが腐食しており、アイバー付近のケーブルの傷みが激しい。原因は湿気と天井からの漏水である。ハンガーは中央径間中央部の短いものの傷みが激しく、斜ステイは塔頂の定着部付近で損傷している。」</p>	
推定原因	<p>メインケーブルの場合、損傷の生じやすい箇所は、①中央径間中央部、②塔頂部付近、③ケーブルバンド取付部、④アンカレッジ内、である。これらの箇所での損傷は、雨水の滞留、結露、海塩粒子による腐食である。</p> <p>上記①の中央径間中央部は、ケーブルのたわみの最下点になっており、ケーブル内に浸入した水のたまり場となりやすい。②の塔頂部付近では、サドルカバーやケーブルカバーの止水、防水が十分でないと、ケーブルへの雨水の浸入口となる。③のケーブルバンド取付部では、バンドそのものに生じる損傷はほとんどないが、シール材の劣化やはがれにより、ケーブルへの雨水の浸入口となりやすい。また、バンドとケーブルの接触面に水分が滞留しやすく、この部分のケーブル表面が発錆している例も多い。④のアンカレッジ内では、アンカレッジ上屋からの漏水や換気不十分による高湿度のため、定着部付近でケーブルが腐食する例が多い。</p>	
補修方法	<p>腐食ワイヤの取替方法は概略つぎのとおりである。まず、ケーブルの傷んだ箇所を露出させるため、スプライス箇所を分散させるために、第2図に示すようにケーブルのスプレー点を移す。ついでワイヤの腐食部分を切り取り、これに相当する長さの新しいワイヤを継ぎ込む。第3図に示すように、継込み用の新しいワイヤにはねじ式の継手が入っており、ターンバックル方式でワイヤの張力調整がおこなえるようになっている。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="388 1547 1141 1955"> </div> <div data-bbox="1157 1850 1387 1921"> <p>第2図 スプレー点の移設 Fig. 2 Cable splay relocation</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="388 1989 1149 2116"> </div> <div data-bbox="1157 2051 1387 2101"> <p>第3図 ワイヤの取替え Fig. 3 Wire replacement</p> </div> </div>	

損傷の名称	④吊り橋ケーブルの損傷(腐食損傷)(新大杉谷橋)	
損傷の概要と推定原因	<p>既設のケーブル(より線14×φ37.5)は、ダム建設の索道に使用されていたものを転用したものであり、架設当時からの摩耗や断線による損傷が著しく、当初設計においては全強の60%の強度で計算が行われている。ケーブル直径の測定値で断面の減少率は25%、素線の断線率は目視点検で約5%、素線サンプリングの引張り試験では、25%の強度低下が認められた。よって調査時点での既存のケーブルの残留強度は全強の約50%であると推定した。また、ケーブル表面は孔食状に腐食が進み、今後の耐力減少も懸念された。</p> <p>これらの評価により、既設の主索と吊り索を撤去して新ケーブル(スパイラル14×φ26)に取り換えることとした。なお、新ケーブルに対する活荷重はT-9からT-14の輪荷重に変更した。</p>	橋梁と基礎 94-8
補修方法	<p>ケーブルの取換え工事は、ケーブル直吊り工法とし、図-2に示すチェーンブロックを用いた荷重移行設備を既設ハンガーピッチの3倍の間隔で配置して行った。</p> <p>ケーブルの取換えは下記の手順で行った。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① チェーンブロックの操作により、補剛トラスおよび床組の荷重を既設ケーブルから直吊りケーブル設備に移行する。 ② 既設ケーブルを撤去して新ケーブルを張り渡す。 ③ チェーンブロックを操作して、新ケーブルに直吊りケーブルの荷重を移行する。 ④ 直吊り設備は新ケーブルに補剛トラスおよび床組の荷重をすべて移行したのち撤去する。 <div style="text-align: center;"> <p>図-2 荷重移行設備</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>図-1 ケーブル取換え工事の要領</p> </div>	

2-2 疲労によるもの

(1) 解説

鋼橋の溶接部損傷は、道路橋においては1970年代後半にその傾向があらわれ、供用年数が増えるにつれてその発生数は増加しつつある。発生の箇所もほぼ固定化し、損傷の質も重大化の傾向にある。

鉄道橋においては、主要部材は設計、製作段階で疲労を配慮しており、疲労による損傷事例はあまり聞かれない。

疲労損傷の補修補強工法には、補強材の取り付け方法によって、溶接接合、高力ボルト接合、これらの併用工法があるが、損傷箇所、損傷の程度等により、再発防止の観点も含めて、その取扱いは十分に検討する必要がある。一般に溶接による補強は、供用中の橋梁の場合は、品質管理上不十分となりやすいことから、溶接部の応力集中によって疲労強度の低下をもたらす。したがって、部材を貼り付けて補強する場合には、高力ボルト接合工法を採用することが多い。

溶接接合を採用する場合には、溶接部で応力集中の原因となる溶接欠陥を無くすることが肝要である。特に溶接ビード止端部では、TIG処理によって再溶融しその形状を改良することで、応力集中を緩和し、疲労亀裂の発生を防ぐことができる。

以下には、損傷発生の多い部位の事例として、主桁、床組とその他付属構造物について、数例の事例を示した。

なお、対策工法の事例として、平成5年2月に発刊した当研究会維持管理部会で作成した事例研究報告書にも、記載されているので参考にして頂きたい。

(2) 事例

1) 主桁、床組

- ① 主桁ウェブ切り欠き部の損傷
- ② 鋼床版箱桁内コーナープレート溶接部の亀裂
- ③ 主桁上フランジとウェブとの溶接部の亀裂
- ④ ダイヤフラムと縦リブの交点の溶接部（鉄道橋）
- ⑤ 鈹桁の外主桁と対傾構及び横桁との取合い部の損傷
- ⑥ 鈹桁の中主桁と分配横桁との取合い部の損傷

- ⑦ 鋼桁支点部の横構取付ガセット近傍の亀裂
- ⑧ ソールプレート取付溶接部の亀裂（箱桁、鋼桁）
- ⑨ 下路トラス横桁と下弦材ウェブ取付部の亀裂
- ⑩ 標識柱架台ブラケット取付部主桁ウェブの亀裂

2) 添接部

- ① 高力ボルトの損傷（遅れ破壊）

3) その他

- ① ランガー桁吊材両端の亀裂
- ② 標識柱架台ブラケット溶接部の亀裂

損傷の名称

① 主桁ウェブ切り欠き部の損傷

単純合成 I 桁橋 (6 主桁) の耳桁端切欠き部の腹板と下フランジのすみ肉溶接

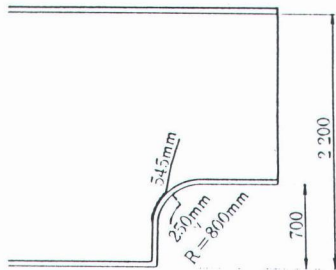


図 4.2 切欠き部のわれ発生状況

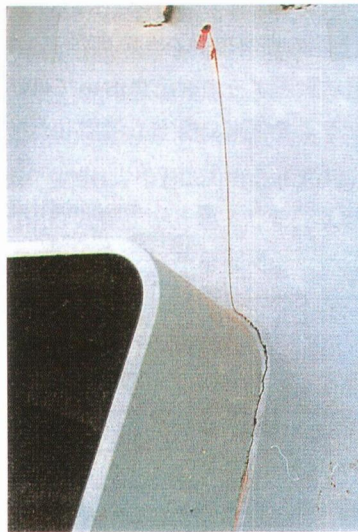


写真 4.1 腹板のわれ部先端にストップホールをあけた状況

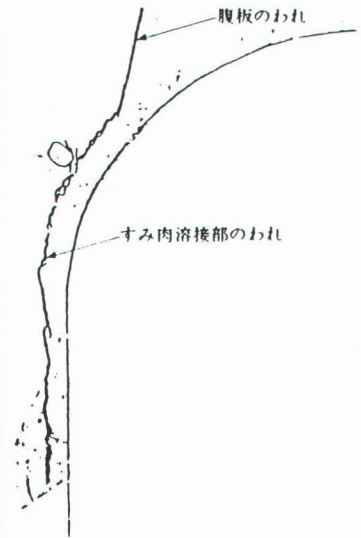


図 4.3 腹板切欠き部の溶接部のわれ発生概略図

損傷の

概要



写真 4.2 腹板と下ラウンジ部のわれの状況

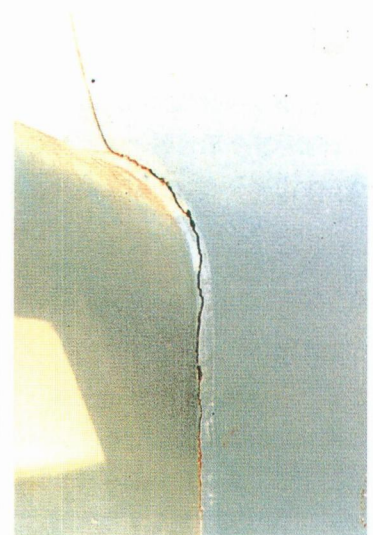


写真 4.3 損傷の状況

部に図 4.2 および写真 4.1~4.3 に示すようなわれが発生した。この橋梁は昭和 42 年 12 月に竣工し翌 43 年 7 月に供用され竣工後 13 年を経過している。同橋の他の桁について調査したところ、中桁 4 箇所にもすみ肉溶接部にわれが発生していた。同じ構造を有する他の 3 橋においても、すみ肉溶接部から腹板にまでわれの進行しているもの 2 箇所を含めて 12 箇所の損傷が発生していた。

磁粉探傷試験で確認されたわれは、図 4.3 に示すとおりで、溶接ビードのルート部破壊と母材部のトウ破壊が交互に発生しているような状況がうかがえる。

<p>原因の推定</p>	<p>損傷発生の原因および知見は、概略次のとおりである。</p> <p>① 発生した一連のわれは、破面観察の結果によると疲労破壊によるものと判断される。</p> <p>② 切欠き部の製作上生じたルートギャップは、最大で2.1 mmであったが、諸文献によると、この程度のルートギャップが溶接部の疲労強度を低下させる主原因とは考えられない。ただし、ルートギャップが大きいことは、スラグを巻き込みやすく、また、溶接われの発生、残留応力の増加により溶接部に応力集中を誘因する微細なピット等を発生させる可能性が高くなる。</p> <p>③ FEM 解析の結果によると、切欠き曲線法線方向直応力(下フランジと腹板を引き離そうとする局部応力)が、設計荷重時に材料強度を上回っており、これが疲労われを助長する直接原因になったと考えられる。</p> <p>④ われがフランジすみ肉溶接部にとどまっている限り、桁の全体応力は健全な状態と比較して大差はないが、われが腹板まで進展するとフランジの受け持つ力は低下し、腹板に過大応力が作用する。したがってわれが腹板に進むとかなりの速度で進展し、急速破壊現象も起こりうるので早急に補修する必要がある。</p>
<p>補修方法</p>	<p>腹板にわれが進展している部分の補修は次により実施した。</p> <p>① 腹板に発生しているわれの先端を SUMP 写真等により確認し、板厚程度の直径のストップホールをあける。</p> <p>② 1/8 支間点に補強材を添接し、死荷重を除荷するためジャッキアップする。</p> <p>③ 切欠き部を無応力に近い状態に開放してガウジングにより損傷ビードを削除した後、X 形開先をとって現場溶接する。</p> <p>④ 腹板に図 4.4 および写真 4.5 に示すように、高力ボルトにて添接板を設置する。</p> <p>⑤ 添接板は、作用せん断応力レベルを低下させるため、コーナー部両端の割込みフランジを水平、垂直ともに延長する。</p> <p>⑥ この部分の補修は、水平および垂直方向に新フランジを設けるもので、コーナー部に作用するフランジの応力を小さくするとともに、曲線フランジ部分を拘束して応力の分散を図る。</p> <div data-bbox="878 1564 1411 2041"> </div> <p>図 4.4 切欠き部の添接板の設置</p>

補修方法



写真 4.4 補修状況の全景

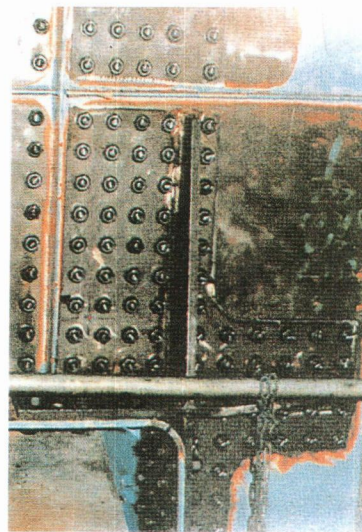


写真 4.5 補修完了の状況

- ⑦ 補修塗装を行い補修を完了する。

備考

主桁腹板の切欠きは、支間の異なる主桁を同一橋脚上に設置する場合に、①梁下空間の確保、②段付き梁の解消、③支承高さの調整、等を目的として行うものである。

昭和 53 年度より切欠き部の設計にあたっては、切欠き部に発生する集中応力を緩和するため、図 4.5 に示すような形状を採用してきたが、本事例を参考に現行の設計基準では図 4.6 に示すような割込みフランジを設ける構造を採用することとなった。

鋼桁切欠き部の一般的な製作方法は、図 4.7 のとおりであり曲線部の溶接施工

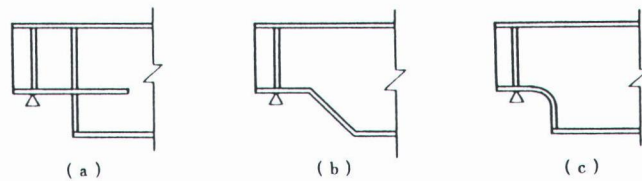


図 4.5 腹板切欠き部の形状

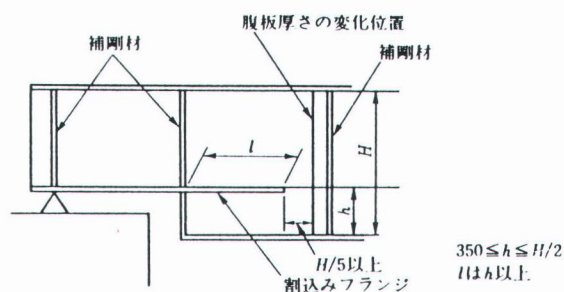
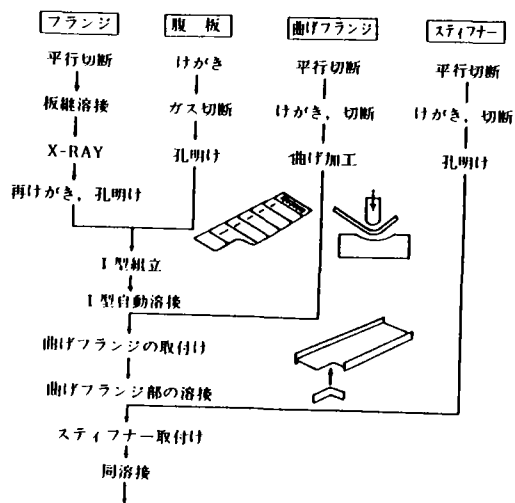


図 4.6 腹板切欠き部の構造 (現状)



ひずみ取り(プレスおよび線状加熱の併用)

図4.7 鋼桁切欠き部の製作方法の一例

において、発生しやすい一般的な欠陥とその対策は表4.5に示すとおりである。

ルートギャップの大きなこの箇所の仮付け溶接は、溶接施工時にわれが発生しやすく、このようなわれの入った仮付け溶接が本溶接下に潜在する場合には、この事例のようなわれの発生源となる可能性が高いので、十分に留意した施工が必要である。

表4.5 発生しやすい欠陥とその対策

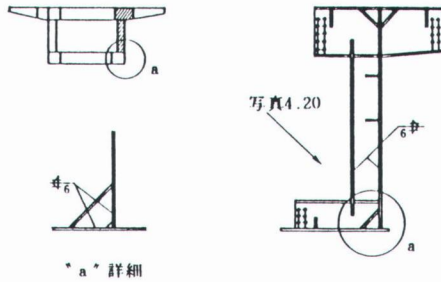
種類	発生順位	発生原因	対策	補修方法
肌すき	①	曲げ半径が小さい場合 ($R=50\text{mm}, 100\text{mm}$) 滑らかな曲げとならないため、フランジの曲げ精度の確保が困難となり、ルートギャップの要因となる	1) 切欠き部の曲線半径を大きくする $R > 15t$ ($R_{\min} = 200\text{mm}$) 2) グループ溶接の実施 3) 設計脚長の割増 4) 構造を変更する	1) 増脚長を行う 2) 開先をとってグループ溶接する
ガスノッチ	②	コンパス切断を行う場合、曲線部の始終端にノッチが発生しやすい	曲線および直線部を同一切断機により連続切断を行う (NC切断機の使用)	1) 1 mm 以内については、グラインダーで平滑に仕上げる 2) 1 mm を超えた場合は、溶接を行った後、平滑にグラインダーで仕上げる
アンダーカット	③	1) 作業者の技量不足 2) 不適正な溶接条件 3) 不適当な仮付け溶接	適正溶接条件	補修溶接
脚長不足			脚長確認	増脚長
ビード波形不良			適正溶接条件	グラインダーで平滑に仕上げる

文献：道路橋のメンテナンス (財団法人 阪神高速道路管理技術センター)

損傷の名称

② 鋼床版箱桁内コーナープレート溶接部の亀裂

昭和59年7月に、4連の3径間連続鋼床版箱桁(支間78.0~85.5m, 幅員8.8m, 1本主桁)で、主桁の腹板と下フランジおよびダイヤフラムとの間に取り付けているコーナープレート(図4.25)の溶接部に、図4.26および写真4.20に示すようなわれが発見された。当該橋梁は、昭和43年に供用され、損傷発見までに16年が経過している。



* a * 詳細
図4.25 コーナープレート

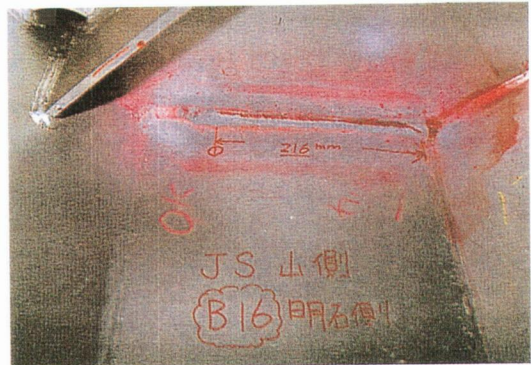


写真4.20 われの状況

損傷の

概要

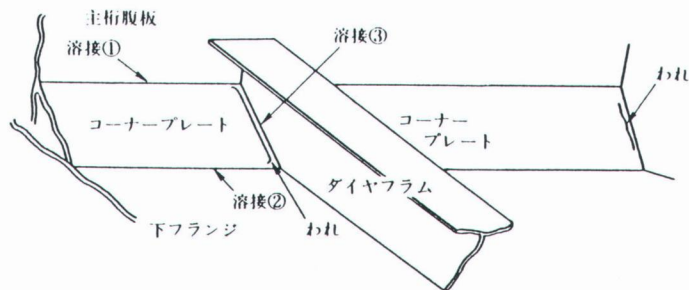


図4.26 われの状況

損傷は5304箇所中119箇所に発生しており、そのうち損傷度のひどい23箇所について調査した結果、すみ肉溶接部から下フランジにまでわれが進展しているもの3箇所を含んでいた。

原因の推定

損傷の原因となったコーナープレートは、本橋が当時の箱桁としては偏平な形状を有していることから、剛性保持を目的として取り付けられたものである。そのため、コーナープレートは主桁の設計断面に含まれておらず、板厚および溶接サイズ等は2次部材として設計されている。しかし、その取付け位置は下フランジ近傍であり、縁応力が大きい箇所である。しかも、ダイヤフラムとの溶接は、活荷重による曲げおよびねじり変形を拘束するため、当該溶接部に大きな応力が生ずる。このような主桁作用が、損傷の主たる要因と考えられる。

また、ほとんどのわれが、下フランジに接する部分ではなく、ダイヤフラムと

原因の推定

の溶接線中央部から発生しているのは、以下の理由によるものと考えられる。

コーナープレートの取付けは、図 4.26 に示す○数字の手順で施工されたと考えられる。すなわち、コーナープレートとダイヤフラムは最後に溶接されている。そのため、コーナープレートが主桁下フランジと腹板とで拘束されているので、当該溶接線（図 4.26 の③）には、それと直角方向に拘束力が働き、鋼桁の死荷重により、中央部で最大となるような応力が発生する。この溶接による応力と前述の主桁作用による応力が重なって、損傷が生じたものと考えられる。

補修方法

前述したとおり、コーナープレートとダイヤフラムとの溶接部に活荷重作用時および溶接施工時の変形拘束により生じる過大な応力が、われの原因である。そこで、この応力を解放するため、図 4.27、および写真 4.21 に示すように、ダイヤ

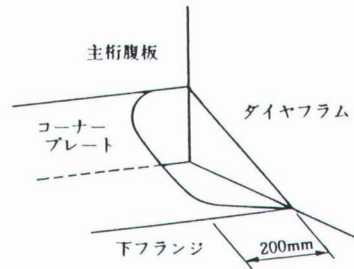


図 4.27 コーナープレートの撤去範囲

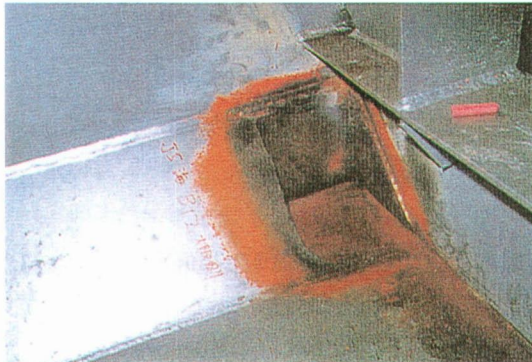


写真 4.21 コーナープレートの撤去



写真 4.22 コーナープレートの撤去跡のシール

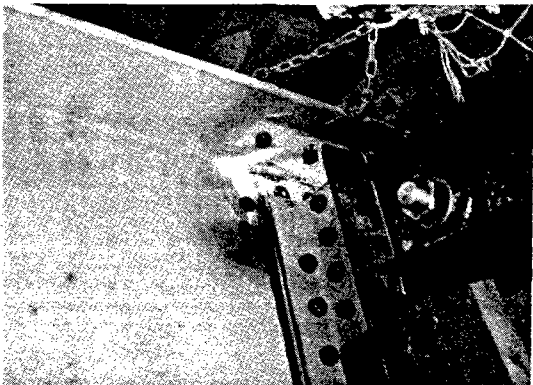
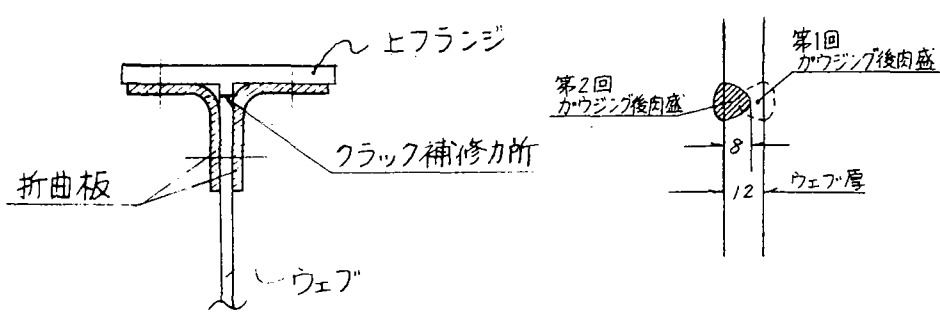
フラム近くのコーナープレートを切断撤去した。そして撤去跡には、防錆のため鋼板（250×300×2）を置き、シーリング材でシールした（写真 4.22）。

また、下フランジに発生しているわれは、調査の結果、板表面だけであるので、ガウジング、グラインダー等により研削除去し、肉盛り溶接で補修を行った。

備考

本例のように、補剛、美装あるいは止水等のために取り付けられる部材は、2次部材として扱われることが多い。しかし、それらの取付け位置、構造等によっては主部材として機能し、そこに発生する応力も主部材のそれと同一レベルになり、損傷発生例も多い。したがって、これらの部材の取付け位置、構造、施工法等については、設計・施工時に十分検討しておかねばならない。

文献：道路橋のメンテナンス（財団法人 阪神高速道路管理技術センター）

損傷の名称	③主桁上フランジとウェブとの溶接部の亀裂 (1/2)
損傷の概要	<p>本工事は鉄桁腹部に発見されたクラックの修理工事である。</p>  <p style="text-align: center;">鉄桁亀裂部分の状況</p>
推定原因	<p>過去に行われた本橋の防音工事施工時に耐風用に新設された転倒防止材の設計施工ミスによるものと考えられる。</p> <p>箱桁側に取付ける部分はたわみ量を吸収できるように長穴のピン構造となっていたがピンが締めすぎて結果的にはその役目を果たさず鉄桁の腹部に影響してクラックが発生した。</p>
補修方法	<ol style="list-style-type: none"> (1) 箱桁側と同様に鉄桁側もピン構造とし、筋違い材はつけないことにした。 (2) ピン径52φに対し箱桁側ピン穴径を56φとし、箱桁のたわみを吸収できる構造とした。 (3) ピンの有効グリップは締め付量+3mmとし、ナット部を細くするいわゆるローマスナット方式によってナットを強く締めた場合でもピンプレートに余裕を確保できる構造にした。 (4) 現地実測でピン穴間および高さ関係、桁の倒れなどを正確に出すと共に鉄桁側ピン取付プレートをH.Tボルト構造としてピンの位置が片寄らないようにした。 (5) クラックの補修法は最悪の場合に備え、クラック補修部に下図のように上フランジと腹板間に折曲板を高力ボルトで取付けた。 

損傷の名称

③主桁上フランジとウェブとの溶接部の亀裂

(2/2)

補修方法

作業順序としては

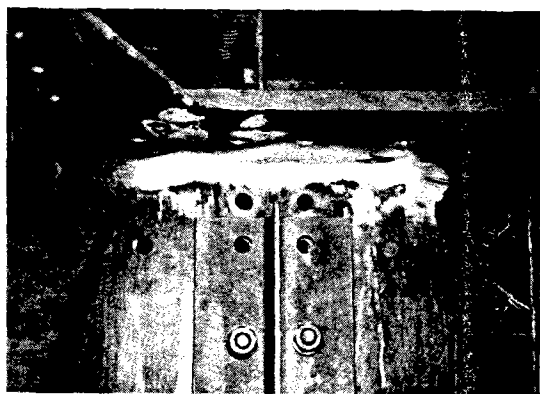
- (1) 旧転倒防止材の撤去
- (2) 新転倒防止材の取付け
- (3) フランジおよびウェブ穴あけ
- (4) 溶接部および溶接部塗装ハクリ
- (5) ウェブ亀裂ガウジング～補修溶接
- (6) 折曲板取付け
- (7) 新規材本締め
- (8) 現場塗装



鈹桁側の溶接

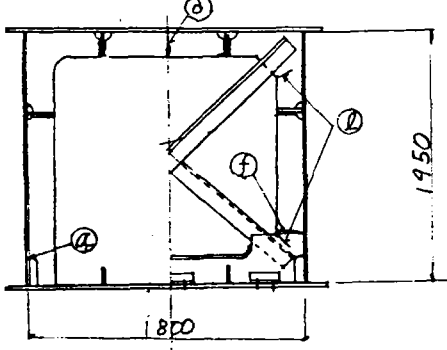
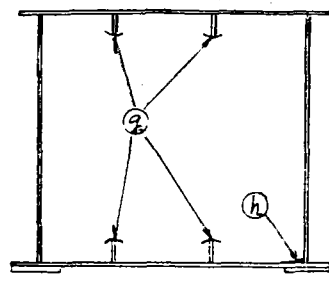


孔明け アンクル製はドリル反力受け治具



鈹桁側ガウジング後カラーチェック

その他

<p>損傷の名称</p>	<p>④ダイヤフラムと縦リブの交点の溶接部の亀裂(鉄道橋)</p>
<p>損傷の概要</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">端ダイヤフラム</p> <p>a : スカーラップ端より亀裂部 d : 横補剛材中央母材亀裂部 l : 対傾構箇所 補剛材母材亀裂部 f : " 溶接ビード亀裂部 g : 端ダイヤフラムの縦リブ取付下端部亀裂部 h : " と下フランジとの溶接ビード亀裂部</p>
<p>推定原因</p>	<p>スティフナーの断面不足によるものと判断</p> <p>車両の走行振動に起因する面外振動による。</p>
<p>補修方法</p>	<p>部分的にT断面のリブ他を補強した。 亀裂部分はガウジングした後溶接，肉盛を行った。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="486 1400 1019 1836"> <p>(1) 現場補修溶接フローチャート</p> <pre> graph TD A[塗装ハクリ] --> B[ガウジング] B --> C[溶接部開先整形清掃] C --> D[予熱 (100~150°C) (溶接は列車通過時には行わない。)] D --> E[補修溶接グラインダー仕上げ 交流溶接機(500A)を使用] E --> F[浸透探傷試験(カラーチェック)] F --> G[補修塗装] F -- 欠陥発見=不合格 --> B </pre> </div> <div data-bbox="1034 1400 1348 1836"> <p>(2) 亀裂部補修溶接</p> <pre> graph TD A[表側よりガウジング 板厚の 3/3 をガウジング] --> B[カラーチェック] B --> C[表側より溶接] C --> D[裏側よりガウジング 板厚の 1/2 をガウジング] D --> E[カラーチェック] E --> F[裏側より溶接] F --> G[サンダー仕上げ] </pre> </div> </div>
<p>その他</p>	<p>(考察)</p> <p>狭い場所での作業のため，全体鋼重は増加しても，個々の単重を軽くし，作業能率が良い設計を考慮すること。足場上での部材運搬を機械化することなどが必要である。</p> <p>現場溶接は列車間合約15~20分では，非常に技術的に難かしいと共に施工性が悪くなる。</p>

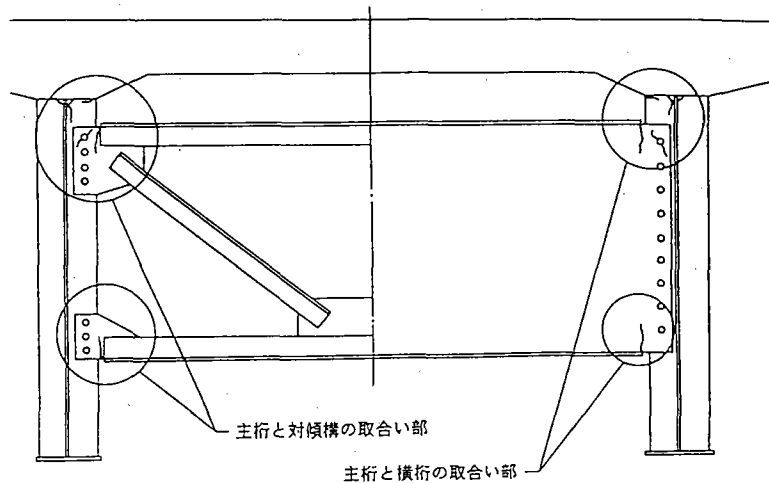
損傷名

⑤ 飯桁の外主桁と対傾構及び横桁との取り合い部の損傷

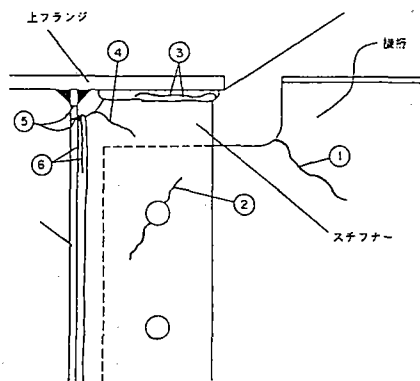
損傷の概要

疲労損傷の代表的な発生箇所を下図に示す。

- ① 横桁の上下フランジ近傍のウェブ切り欠き部
- ② 主桁の垂直補剛材と上フランジの溶接部
- ③ 対傾構の取り付けガセットと上、下弦材の溶接部



主桁と対傾構および横桁との取合い部に発生したクラック



主桁と横桁との取合い部のクラック (例)

原因の推定

外主桁と横桁（対傾構）の取合い部は、従来、せん断力のみ作用し曲げモーメントは作用しない回転自由な支持状態として設計されていた。これは、横桁が主桁ウェブ面に直角に取り付くためウェブの面外変形によって横桁端部は自由に回転できる、あるいは、主桁全体が鉛直面に対して回転すると考えられていたからである。

しかし、実際の横桁端部は、種々の調査結果から回転自由な支持構造ではなく、回転を拘束された支持構造となっており、せん断力と曲げモーメントの両者が作用する固定支持に近い状態であることが分かってきた。

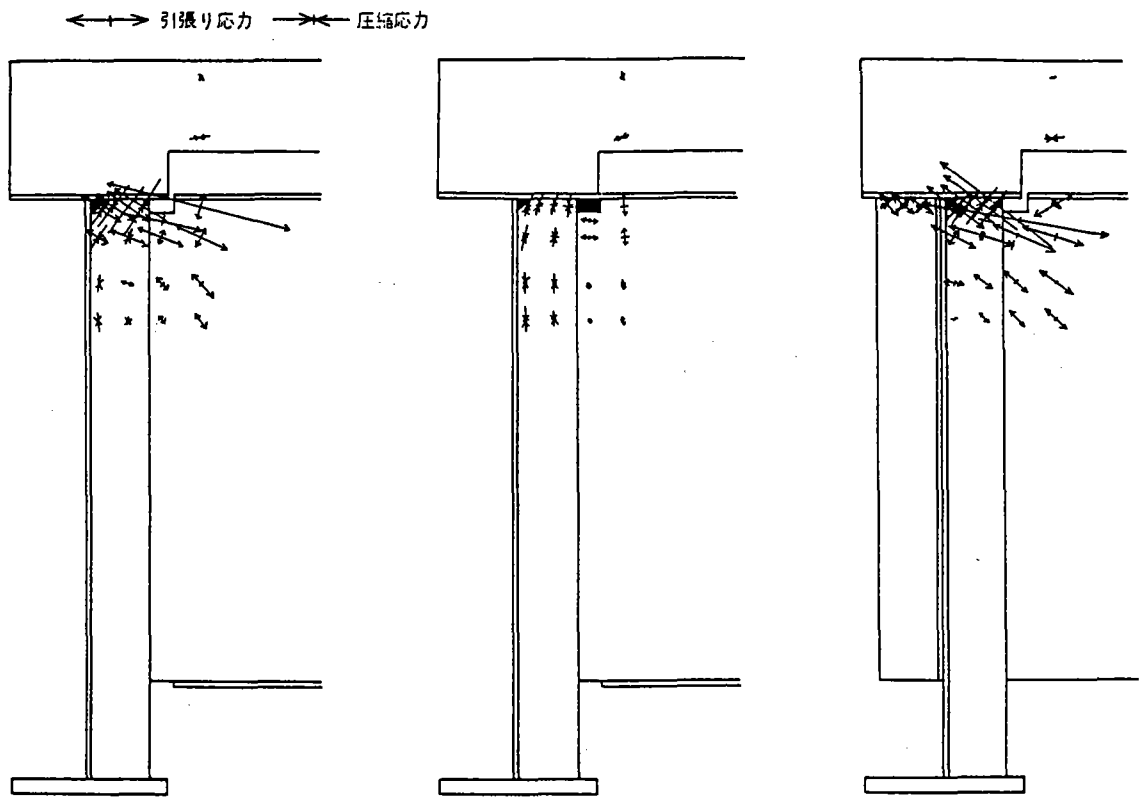
損傷部の補修はガウジングと現場溶接により行ない、施工時の注意事項としては、

- ① 亀裂先端にストップホールを設け、加熱による急激な亀裂の進展を防ぐ。
- ② 可能な限りの交通制限を行う。
- ③ 施工時の交通振動を抑えるために補修部近傍にベントを設ける。
- ④ 溶接部はグラインダーにより仕上げる。

補強方法としては、主桁と横桁の上フランジを連結する案と主桁ウェブ背面に控え材として垂直補剛材を追加する案が考えられるが、文献のFEM解析結果によると、前者はかなりの効果を期待できるが、後者はかえって応力の集中を拡大させる傾向があることが分かった。このため、フランジの連結を採用することとしたが、連結方法は新たな損傷を誘発させないために溶接よりも高力ボルトの方がよい。

補 修

方 法



(a) 補強なし

(b) フランジを連結した場合

(c) 背面に補剛材を追加した場合

FEM 解析による各補修法の効果

(文献) 「橋梁と基礎 ; 83-8、P/19」

備 考

損傷の名称

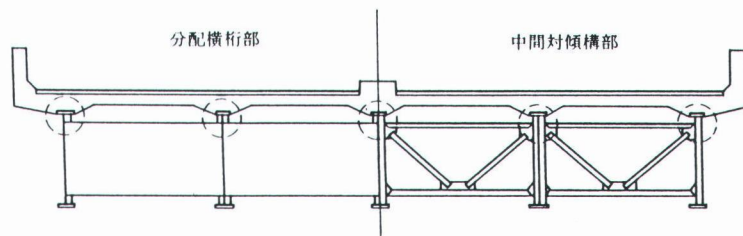
⑥ 鈹桁の中主桁と分配横桁との取り合部の損傷

昭和58年8月に、神戸西宮線のかかりの数の鋼単純合成I桁の分配横桁、対傾構と主桁との取合い溶接部、リブ本体とその付近の主桁上フランジと腹板の溶接部に、表4.6、写真4.12～4.15に示すようなわれが発見された。

この損傷は、発生頻度が高いこと、特定の工区に限定されていないことから、他路線での発生が危惧されたので、昭和58、59年度、全線路について鋼桁格点部の点検を行った。

昭和59年度までの点検格点数とタイプ別の損傷格点数の集計は表4.6のよう



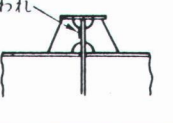
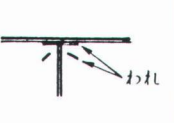
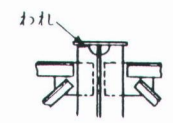
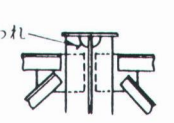
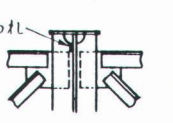
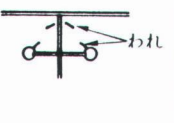
損傷の



印：注目取合い部

図4.18 損傷箇所

表4.6 損傷パターン (点検格点数 57610)

タイプ	1	2	3	4
分配横桁	 われ 分配横桁	 われ	 われ	 われ
対傾構	 われ	 われ	 われ	 われ
損傷格点数	2159	126	37	484

概要

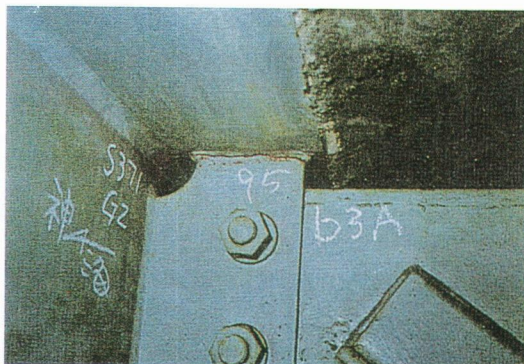


写真4.12 タイプ1の損傷

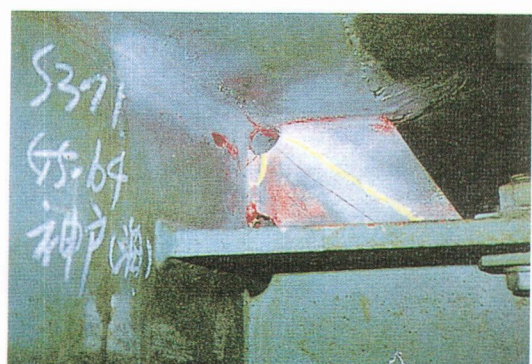


写真4.13 タイプ2の損傷

損傷の



写真 4.14 タイプ3の損傷

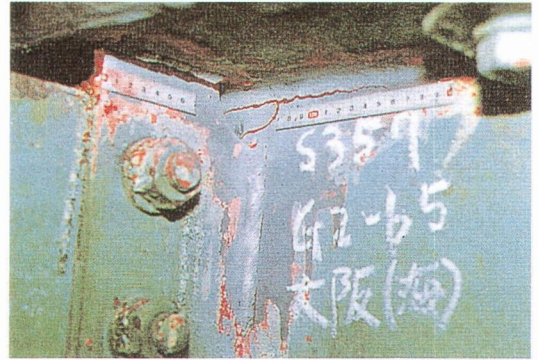


写真 4.15 タイプ4と1の損傷

概要

である。また、桁形式、形状等で分類すると、

- ① 単純合成I桁またはH桁橋
- ② 昭和39年度の道路橋示方書により建設された、主桁間隔が3.5 m以上、床版厚が17, 18, 21, 22 cmと床版支間に比して薄いものに損傷が多い。

損傷発生桁の大部分を占める主桁本数3～6本のI桁橋に関する点検結果を分析すると、以下のような結果が得られる。

- ① われの大部分は、外桁とそれより1つ内側の桁に発生している。また、タイプ4のわれは、そのほとんどが外桁において生じている。
- ② 3～5本主桁のI桁橋の場合、中央の荷重分配横桁位置に損傷発生が多い。6本主桁の場合は、中央の荷重分配横行に隣接する対傾構位置に損傷が最も多く、荷重分配横桁位置は2または3番目である。

しかし、いずれの場合も、それらから離れるにつれて損傷発生数は少なくなっている。

- ③ われの発生数の比較的多い格点においては、橋軸方向、橋軸直角方向とも、われの発生に関する対称性が見られる。

原因の推定

損傷要因の検討は、まず、全体モデルと部分モデルを用いて有限要素法解析により現状の応力状態を把握することにした。

活荷重(T-20・1台載荷)による橋梁全体の挙動を知るために行った全体モデル解析で、次のことが明らかになった。

- ① 活荷重が主桁上以外に載荷された場合、載荷点近傍の床版は、局部的に大きく変形するのに対し、分配横桁、対傾構は各主桁間で滑らかに変形する。この床版と、分配横桁あるいは対傾構との回転角の差により、当該部分には大きな応力が発生している。
- ② また、この部分の応力変動幅も大きい。

<p>原因の推定</p>	<p>この結果をもとに、当該部分のより詳細な性状を把握するため、部分モデルによる解析を行った。その結果を要約すると以下ようになる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① リブ板、垂直補剛材の上縁には、許容応力度の3倍程度の大きな曲げ応力が発生している。また、リブ板、垂直補剛材上の主桁フランジ近傍部には、曲げとせん断との複合された力が働いている。 ② これらの部材が取り付く主桁腹板の応力は、スカーラップ部で大きく乱れており、スカーラップが応力性状に悪影響を与えている。 ③ 主桁上フランジ、腹板、横桁リブ板、あるいは垂直補剛材相互の溶接部には、溶接線と直角な応力が卓越して発生しており、腹板部では表裏で符号が異なり、溶接部は板曲げ状態にある。 <p>これらの解析結果の妥当性を確認するため、解析と同一の荷重条件で載荷試験を行った。</p> <p>その結果からも溶接部には許容応力度以上の応力が生じていることがわかった。</p> <p>以上のことから、損傷の原因としては、</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 活荷重による過大な力の繰返し ② 床版と分配横桁あるいは対傾構との回転角差に伴う首振り現象の繰返し ③ スカーラップによる応力集中 ④ 横桁リブ板、垂直補剛材ともに、フランジ間に後からはめ込まれる部材であるので、寸法的に小さ目のものが多い。したがって、それによって生じる溶接不良の影響 <p>このわれが、リブ板または垂直補剛材にとどまっている限りは、橋梁の耐荷力には大きな影響はないと思われるが、主桁部にまで及んでいるものについては、早急に補修・補強が必要と思われる。</p>
<p>補修方法</p>	<p>(a) 補修方法の検討</p> <p>現状の応力性状検討結果をもとに、図4.19に示す2つの補修方法について検討した。補強構造1は着目部のせん断剛性の増加を、また、補強構造2は曲げ剛性の増加を図ったものである。</p> <p>補強構造1では、</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 横桁リブ板の変形は剛体的になり、せん断変形状態は大幅に緩和され、また、リブ板近傍の主桁腹板の局部面外変形も直線的となり曲げ変形は消滅した。

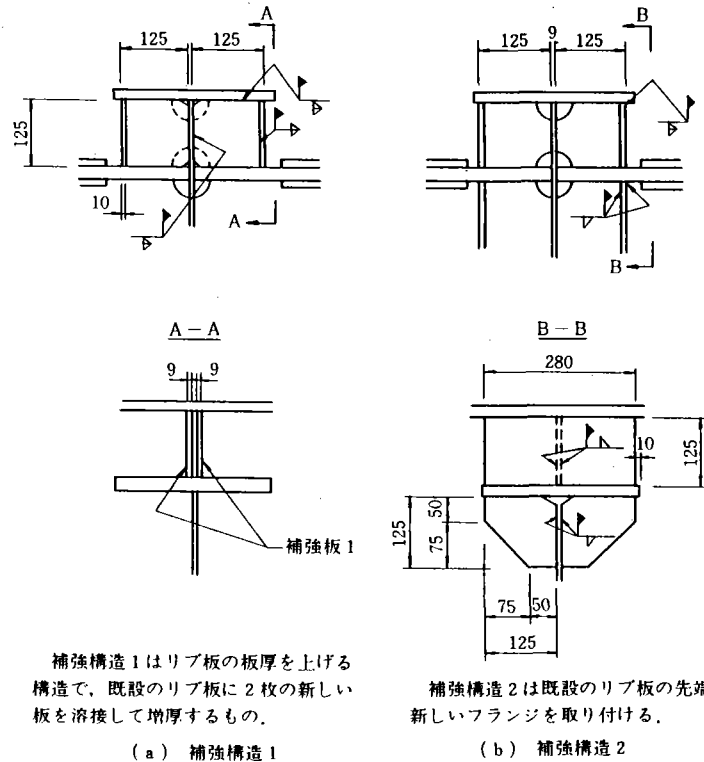


図 4.19 補強構造

② 主応力、等価応力ともに現状の 1/3 程度に減少した。さらにスカーラップ部の応力の乱れも低減している。

補強構造 2 では、

- ① 横桁リブ板の自由端における軸ひずみ変形は大幅に軽減されているが、横桁リブ板全体としてのせん断変形は減少していない。また、主桁腹板の局部変形も緩和されていない。
- ② 主桁フランジ端部の横桁リブ板に生じていた主応力のピーク値が 1/3 程度に軽減され補強効果は認められるが、せん断応力はほとんど緩和されていない。また、スカーラップ部の応力の乱れに対しても効果があるとはいえない。

(b) 補修方法

上記の検討をもとに、補修方法としては補強構造 1 を採用することにし、解析検討で算出された応力をもとに溶接部の設計を行い、現場で試験補修を行ったところ、応力は大幅に低減され所期の目的を達成したが、溶接入熱により主桁上フランジに局所的な変形が生じた。そのため、補修方法の改良点として、

- ① われの発生している溶接部を除去し、健全な溶接で補修する。
- ② 分配横桁部では、現在のリブ板をより厚い新しいリブ板に取り替える。
- ③ 対傾構部では、現在の垂直補剛材の上縁付近に 12 mm 程度の板を溶接により取り付ける。
- ④ 上記②、③で用いる板には、スカーラップは設けない。
- ⑤ 新しい板と主桁、横桁および対傾構との溶接は、解析あるいは載荷試験で得られた応力に耐えられるものとする。

実施した補修構造を図 4.20, 4.21 に示す。

昭和59年度,平成元年度の点検結果を比較すると,損傷格点の増加率は損傷率の大きい径間ほど大きくなる傾向がある。とくにその傾向は,前回点検時の損傷率が50%程度を超える径間に顕著であった。

- 1) 新リップ板の板厚は, $t=19\text{ mm}$ (SS41) とする。
- 2) 新リップ板の形状は矩形を原則とする。角部はコーナークットし,埋め戻し溶接を行う。
- 3) 新リップ板の溶接は図4.20の部分溶込み溶接とする。
- 4) 新リップ板のルートギャップは最大2 mm とするがなるべく小さくする。

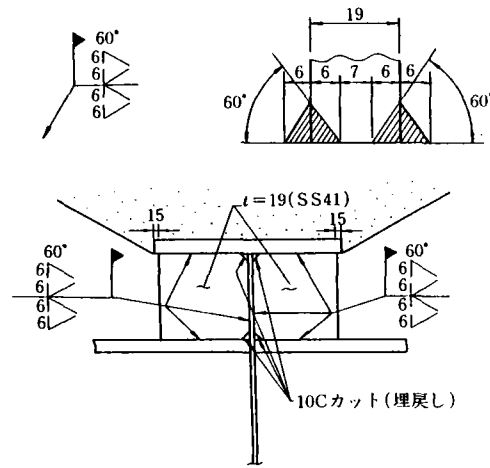


図4.20 横桁取合い部の補強

- 1) 対傾構部補強板の板厚は, $t=19\text{ mm}$ (SS41) とする。
- 2) 対傾構部補強板の形状は垂直補剛材, 対傾構ガゼットの大きさを考慮して決定する。角部はコーナークットし,埋め戻し溶接を行う。
- 3) 補強板の溶接は図4.21とする。

主桁フランジ～補強板
主桁腹板～補強板
垂直補剛材～補強板

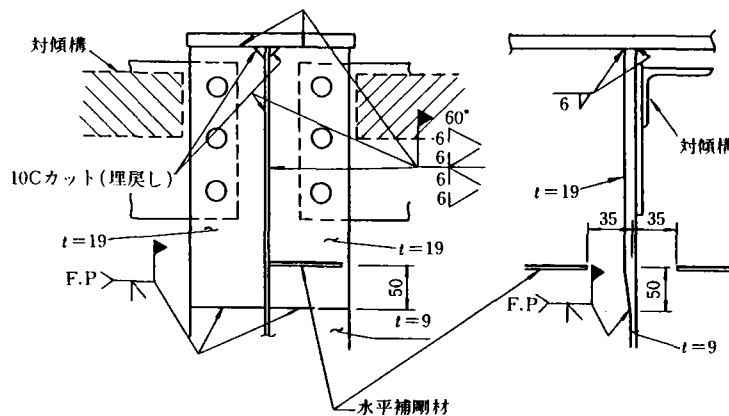
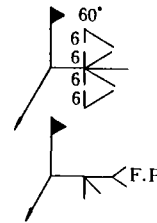


図4.21 対傾構取合い部の補強

また, 現行の道路橋示方書による新設橋では, 応力レベルは十分に低いので, この種の損傷は非常に起こりにくい構造となっていると考えられる。現行基準でウェブギャップ板(リップ板)および中間対傾構が取り付け垂直補剛材の最小板厚は12 mmとしている。

文献: 道路橋のメンテナンス (財団法人 阪神高速道路管理技術センター)

損傷の名称

⑦ 鉋桁支点部の横構取付カセット近傍の亀裂

昭和58年6月に、鋼単純合成I桁の桁端部の横構と主桁腹板との取付けガセットプレートとの溶接部、およびガセットプレートが取り付け付近の支点上補剛材の溶接部に図4.14、4.16、写真4.11に示すようなわれが発見された。

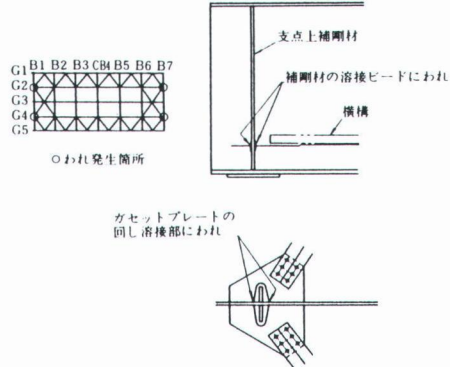


図4.14 端部ガセット部の損傷状況

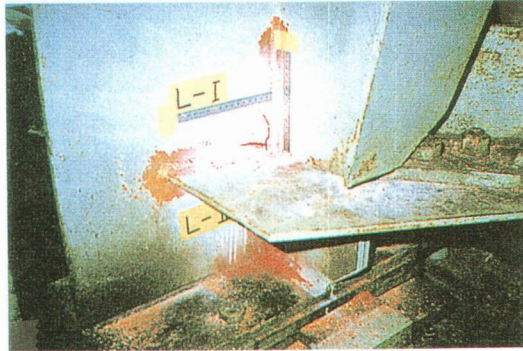


写真4.11 ガセット取り付け部の損傷状況

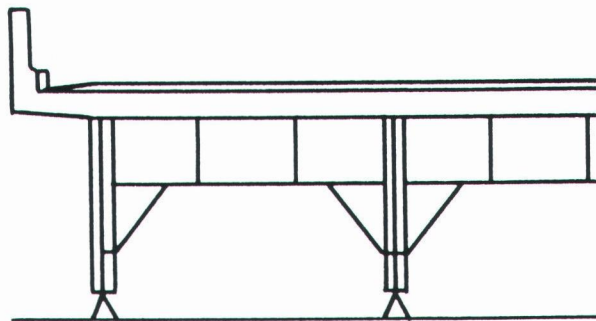


図4.15 ニープレス形式の端横桁

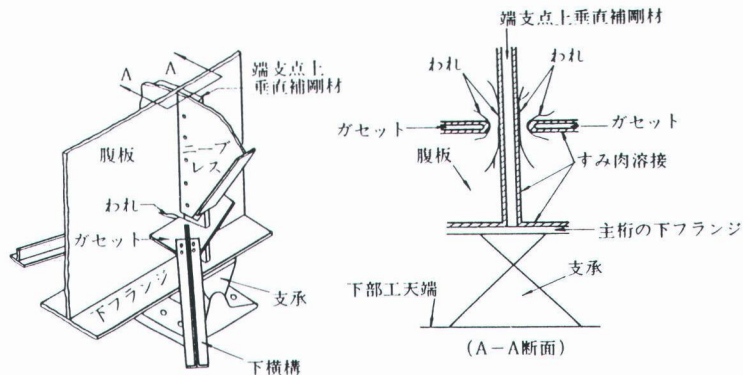


図4.16 端部ガセット部の損傷

損傷の

概要

<p>損傷の概要</p>	<p>この種の損傷の発生している格点数は昭和59年までの点検で90にのぼる（点検格点数71265）ことが判明した。損傷発生箇所の特徴を列記すると、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 昭和45年供用開始のRC床版を有するI桁 ② 端横桁がニーブレース形式（図4.15）であり、支点部横構取付けガセットには支点上補剛材用のスカーラップを有している。 ③ われ発生格点は、3主桁以上のI桁の外主桁から1本内側の主桁の格点である。 ④ 下部構造の形式との関連でみると、単柱形式の橋脚、およびたわみの大きい鋼製ラーメン橋脚に支持されている上部構造に多い。
<p>原因の推定</p>	<p>全体モデルおよび部分モデルを用いて、現状のガセット近傍の応力状況を有限要素法により解析した結果および損傷箇所の特徴から、損傷の原因としては、次のようなことが考えられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 横構には、通常、設計で考えられる風、地震荷重によるだけでなく、活荷重に伴う支点の不等沈下および主桁相互間の沈下差によっても、大きな軸力が生じる。 ② 内主桁の腹板には、活荷重により、左右の横構から大きな軸力が作用する。 ③ ガセットプレートに設けられたスカーラップ部で、この軸力による応力は乱され、主桁腹板に局部的な曲げ変形を生じさせる。 ④ この変形の繰返しにより、ガセットプレート、スカーラップ部からわれが生じる。 ⑤ 局部変形がさらに大きくなり、支点上補剛材の溶接部にもわれが生じた。
<p>補修方法</p>	<p>補修方法として次の2つの方法を考え検討した。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① ガセットプレートのスカーラップ付近の応力の乱れを改善するために、当て板等の方法によってスカーラップを埋める。 ② 上記の方法に加えて、左右の横構からのアンバランス軸力を受けもたせるため、主桁下フランジ近傍に支材を設ける。 <p>これらの補修方法による改善の効果の検討結果を比較すると、スカーラップを埋めることによって、取付けガセット近傍の応力状態は大幅に改善される（24%に低減）。しかし、さらに支材を設けてもそれ以上の顕著な改善効果は見られなかった（19%に低減）。したがって、補修工法としては、スカーラップを埋める案を採用している。</p> <p>補修の事例を図4.17に示す。</p> <div data-bbox="533 1673 1136 1945" data-label="Diagram"> </div>
<p>備考</p>	<p>文献：道路橋のメンテナンス（財団法人 阪神高速道路管理技術センター）</p>

損傷の名称

⑧ ソールプレート取付溶接部の亀裂（箱桁、鋳桁）

昭和41年供用した路線において、昭和57年の定期点検で3径間連続箱桁4連の支承用ソールプレート取付け溶接部にわれが発見された。また、昭和59年にも同路線の鋼単純I桁にも同様の損傷が発見されている。

箱桁の場合（支間78.0～85.5m、幅員8.8m、1本主桁2支承）は、図4.8に示すように多くの箇所であれが生じており、われの起点は、主桁腹板直下と観察でき、支承の固定可動の区別なく生じている。このわれが主桁下フランジまで進

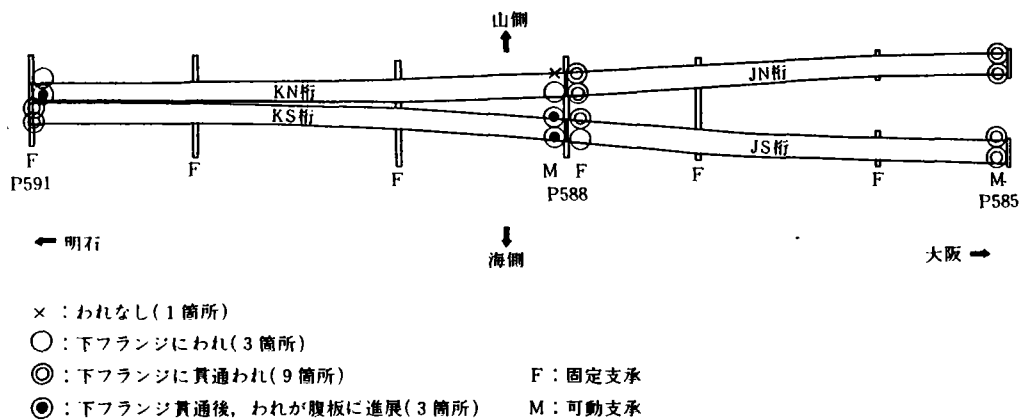


図4.8 われ発生状況（箱桁）

展しているものが15箇所あり、そのうち、主桁腹板まで至っているものが3箇所発見されている。

当該損傷部の浸透探傷試験（PT）結果によると、われの長さは、下フランジでは57～377mm、平均187mm、腹板の3箇所のものでは、それぞれ103mm、114mm、213mmであった（図4.9）。

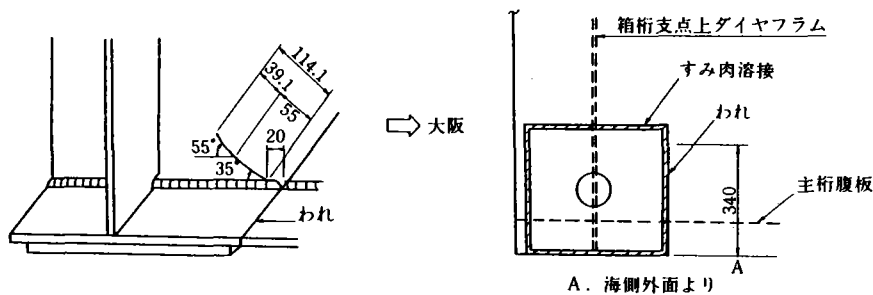


図4.9 われの状況（箱桁）P591（KN桁）

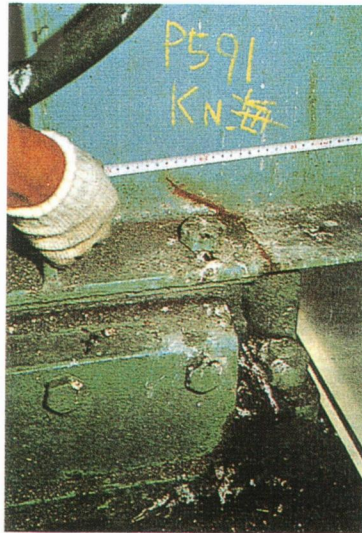
I桁の場合（支間34.5m、幅員9.5m、4本主桁）は、耳桁の固定支承側の1箇所が発生しており、ソールプレートのすみ肉溶接に沿って進行し、主桁の下フランジを貫通し腹板にまで進展している（図4.10、写真4.7）。

また、われは箱桁同様、下フランジとソールプレートとのすみ肉溶接の中央、主桁腹板直下から発生している。

損傷の

概要

損傷の概要



(a) P 591 (KN桁)



(b) P 588 (KS桁)

写真4.6 ソールプレート取付け溶接部のわれ

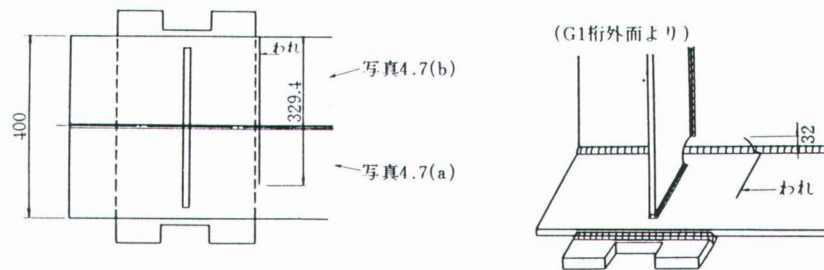
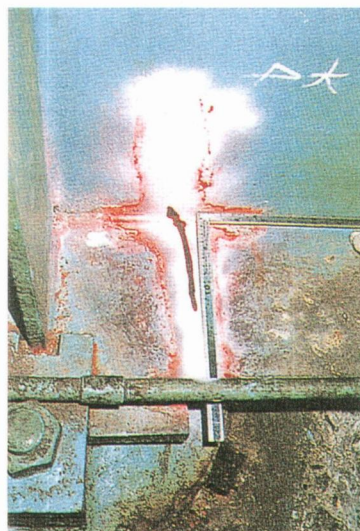


図4.10 われの状況 (I桁)

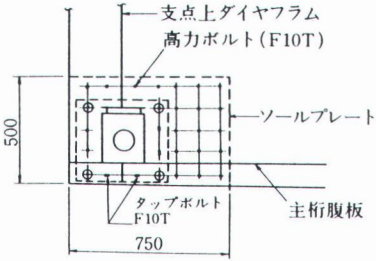


(a) 下フランジ外側



(b) 下フランジ内側

写真4.7 I桁におけるソールプレートのわれ

<p>原因の推定</p>	<p>これらの発生原因としては次のようなものが考えられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 溶接ひずみのため下フランジとソールプレートとの間に生じたすき間に、活荷重が載荷されることにより当該溶接部に発生する橋軸直角方向引張応力の繰返し作用 ② さび等による支承の滑動・回転不良の結果、温度変化あるいは活荷重載荷時の主桁および橋脚の変位を拘束することにより生ずる水平力の繰返し作用 ③ 断面急変のため当該溶接部に起こる応力集中による大きな局部応力 <p>本例のわれは上に述べたような作用力がソールプレート取付け溶接部に繰返し作用した結果生じた疲労損傷と判断される。</p>
<p>補修方法</p>	<p>箱桁の場合、補修方法としては、桁から荷重を徐々に幅広く伝達するようにソールプレートを大きくし、図4.11に示すように、ボルトにより接合する方法を採用した。施工の概要は次のとおりである（図4.12）。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 応急措置として、腹板のわれの進展をおさえるための下フランジのわれ発生箇所当て板を溶接する。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 4.11 補強構造 (箱桁)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 4.12 補修方法 (箱桁)</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>写真 4.8 ソールプレートおよび支承の取替え完了 (箱桁)</p> </div>

補修方法

- ② ジャッキアップ用の脚内部補強，桁仮受け支点および水平反力受け（横移動止め）を設置する。
- ③ 図 4.12 に示すジャッキ (A) (300 t) をセットする。ジャッキアップ前に既設支承のセットボルトをはずし，ソールプレート，ベースプレートの溶接をガウジングにより取り除く。
- ④ ジャッキアップ（アップ量 5 mm）を行い，既設支承を解体，撤去する。支承の取替え補修は，通行規制せずに片側ずつ行う。
- ⑤ 既設支承の撤去完了後，油圧ジャッキ (B) を支承の位置にセットし，(B) を作動させジャッキ (A) を解体，撤去する。
- ⑥ ジャッキ (A) のあった位置に鋼製サンドル，仮受け支承を設置し，桁を受け替え，ジャッキ (B) を解体，撤去する。
- ⑦ 桁端のわれ部分（腹板，下フランジ）の補修溶接をする。
- ⑧ 新しいソールプレートを取り付ける（図 4.11）。
- ⑨ オーバーホールした支承を再設置し，ジャッキダウンを行う（写真 4.8）。I 桁の場合，支承，ソールプレートの取替えは困難なため，われの補修を行った

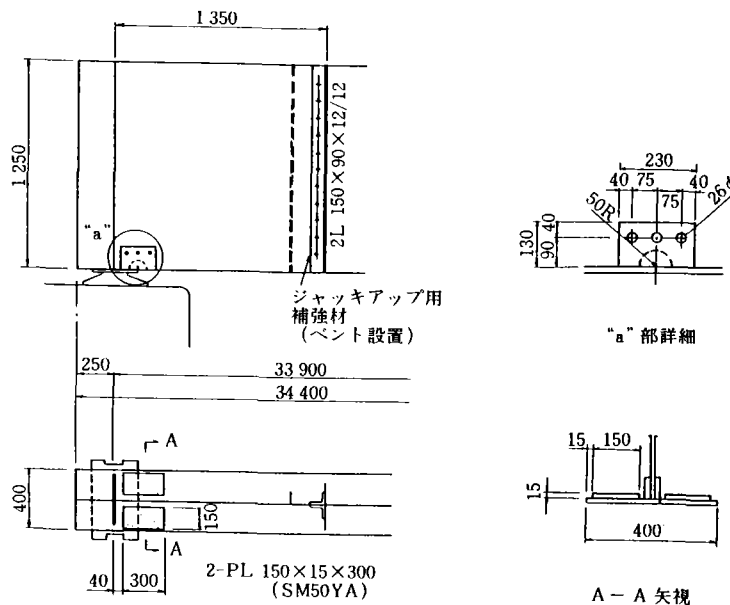


図 4.13 補強材の取付け (I 桁)

うえで補強を施す方法を採用した。その概要は次のとおりである（図 4.13）。

- ① 腹板に発生しているわれの先端を染色浸透探傷試験により確認し，ストップホール（ $\phi 16$ mm）を明ける。
- ② 支点より 1.35 m の位置で腹板に補強材を取り付け，ジャッキアップする。
- ③ 腹板のわれを補修し，ストップホールを兼ねた 50 R のスカーラップを設ける（図 4.13 “a” 部詳細参照）。
- ④ ガウジングにより，下フランジの損傷部に V 開先をとり，エンドタブ板，裏あて材を取り付け補修溶接をする（写真 4.9）。その後，下フランジ上面のビードを仕上げる。
- ⑤ 下フランジ上面の両側に補強板を溶接で取り付ける（図 4.13 A—A 矢視）。
- ⑥ 腹板のスカーラップを取った箇所に補強板を両側からあてがい，高力ボルトで取り付ける（図 4.13 “a” 部詳細および写真 4.10）。
- ⑦ 支承については，清掃後，注油して，滑動，回転機能の回復を図った。

補修方法

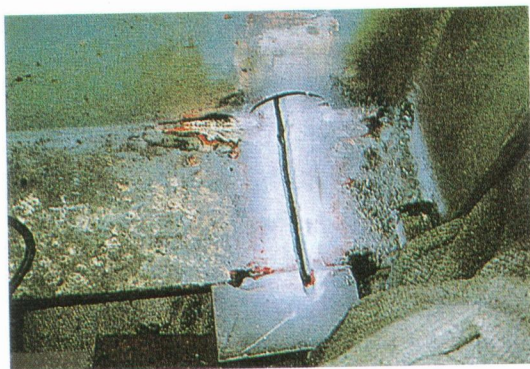


写真 4.9 V 開先加工, エンドタブの取付け (I 桁)



写真 4.10 補修完了 (I 桁)

本例のような損傷の防止対策として、施工管理の向上、支承の防塵、防錆対策はもちろんであるが、次のような構造上の改良が望まれる。

端支点付近の下フランジは断面計算上は小さくてすむが、支承付近の下フランジには、前述したように支承に作用する設計反力のほかに支承の機能拘束による応力、ソールプレート部の断面急変による応力集中等の問題があり、また伸縮装置部の衝撃や漏水により腐食等の問題も多い。したがって、支承部の下フランジの板厚は最小 20 mm 程度とし、ソールプレート部は応力の流れを円滑にし応力集中の緩和を図ることが望ましい。

備 考

文献：道路橋のメンテナンス（財団法人 阪神高速道路管理技術センター）

損傷名	⑨ 下路トラス横桁と下弦材腹板取り付け部の亀裂
損傷の概要	<p>端横桁及び中間横桁のウェブとフランジの溶接端部から水平及び鉛直方向に亀裂が発生している。</p>
原因の推定	<p>活荷重載荷時の横桁の橋軸方向（ウェブ面外方向）の変位による。これは、下弦材の伸びと縦桁の伸びの差により発生する。 横桁上フランジ上の床版がトラス取り付け部の極近傍まで打ち下ろされているため、横桁の面外変形が拘束され、取り付け部に局部的に大きな変形が生じるからである。</p>
補修方法	<p>横桁上に打ち下ろされていた張り出し部床版を、横桁上フランジから離し取り付け部の局部変形を緩和した。さらに、横桁上フランジとトラス部材を添接板により連結した。</p>
備考	

損傷の名称

⑩ 標識柱架台ブラケット取付部主桁ウェブの亀裂

門形標識柱を設置するため、図 4.44, 4.45 に示す構造で箱桁に取り付けられたブラケット取付け位置の箱桁腹板に図 4.45, 図 4.46 および写真 4.41 に示すようなわれが発生した。

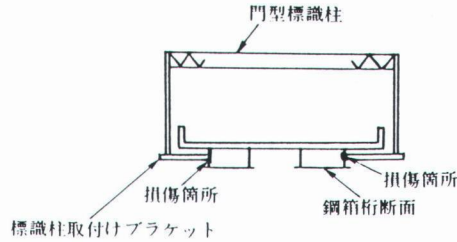


図 4.44 損傷箇所位置図

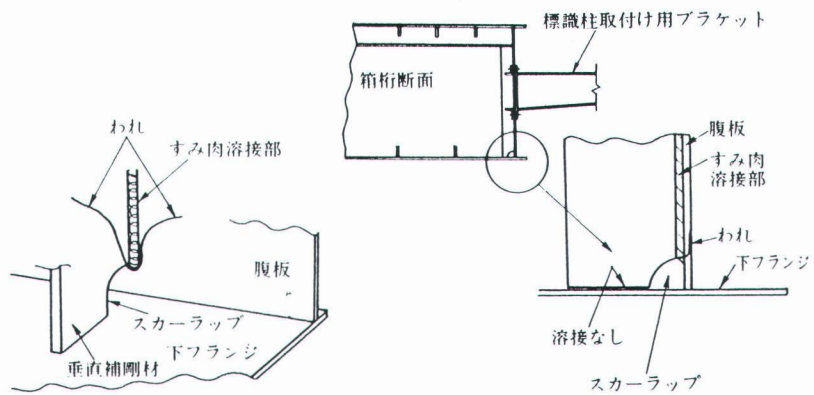


図 4.45 垂直補剛材取付け状況と損傷の状況図

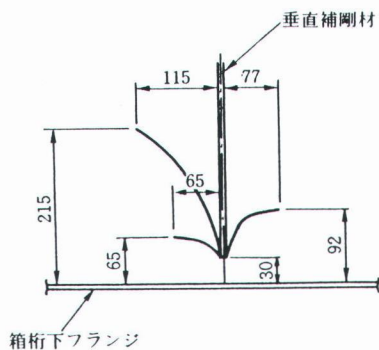


図 4.46 腹板のわれ詳細図 (箱桁内面より)



写真 4.41 箱桁外面の損傷状況

損傷部は相当にさびがでており、われはかなり前から発生したと考えられ、3方向に派生したわれの長さは65~215 mmにも達している。また、いずれのわれも箱桁内部の垂直補剛材下端部のスカールラップから進展している。

損傷の概要

<p>原因の推定</p>	<p>この事例の発生要因の主なものは次のように考えられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① ブラケット取付け部の腹板および垂直補剛材には、標識柱の荷重により曲げモーメントおよびせん断力が作用しているが、活荷重により主桁自身が上下振動し、さらに標識柱の慣性によって橋軸方向、橋軸直角方向の振動が付加される。このような複雑な繰返し荷重の作用により、腹板に疲労クラックが生じたものと考えられる。 ② 垂直補剛材の下端は主桁フランジが引張側であるため、溶接されていない。したがって、すみ肉まわし溶接部より下側では、箱桁腹板に作用する面外力は、図 4.45 に示すように腹板の板厚方向剛性のみで受け持つことになり、剛性が不連続で、かつ不足している。 ③ 標識柱が供用後に取り付けられることになったとはいえ、標識柱から作用する外力を箱桁腹板にスムーズに伝える補強部材を十分に設置しておらず、ブラケットの取付け構造に検討の余地があった。
<p>補修方法</p>	<p>損傷発見より直ちに補修を次により実施した。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 門形標識柱を撤去し外力を除荷した後、箱桁を支保工で支持し、同時に交通規制を行い損傷部の応力を軽減して補強作業を行った。 ② 損傷部分周辺の腹板を切断して取り除き、両面から写真 4.42 に示すような添接板をあて、高力ボルトで結合した。 ③ 標識柱の荷重を腹板ではなく箱桁全体に安全に伝えるため図 4.47 に示すような補強部材を取り付けた。 ④ 損傷発生の徴候が見られるもう一方の箱桁取付け部（反対側）についても内部補強部材の取付けを実施した。 <div data-bbox="572 1190 1094 1553" data-label="Image"> <p>写真 4.42 添接板の取付け状況</p> </div> <div data-bbox="404 1705 1257 1932" data-label="Diagram"> <p>図 4.47 補修補強詳細図</p> <p>図 4.47 は、補修補強の詳細を示す断面図である。図には、箱桁の断面と、その両側に取付けられた補強部材の形状が示されている。補強部材は、箱桁の腹板とフランジにわたって設置されている。寸法は、補強部材の全長が 3,050 mm、フランジ側の厚さが 500 mm、腹板側の厚さが 400 mm、フランジの厚さが 540 mm、補強部材の先端部の厚さが 250 mm と記載されている。</p> </div>
<p>備考</p>	<p>文献：道路橋のメンテナンス（財団法人 阪神高速道路管理技術センター）</p>

損傷の名称

① 高力ボルトの損傷（遅れ破壊）

鋼桁等の鋼構造物の現場継手に使用されている摩擦接合用高力ボルトが折損し、路下に折損片が落下する事故が発生した。ある箇所では、写真4.76に示すように上フランジ部において、コンクリート床版に埋め込まれている高力ボルトが折損した事例もある。

この継手に使用されていた高力ボルトは、JIS B 1186-1964に適合する製品として開発実用化されたF13T（第4種）規格相当品である。

この損傷を契機として、その後、全供用路線の高力ボルトについて過去の折損事例および折損の現況と折損原因究明の調査を実施した。

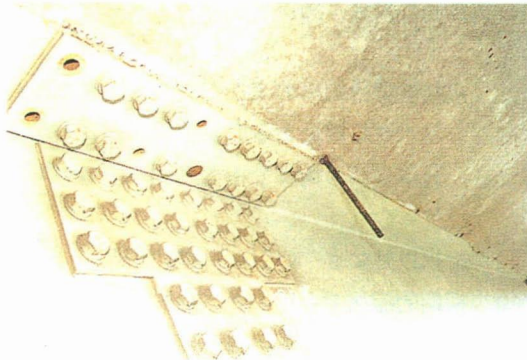


写真4.76 高力ボルトの欠落

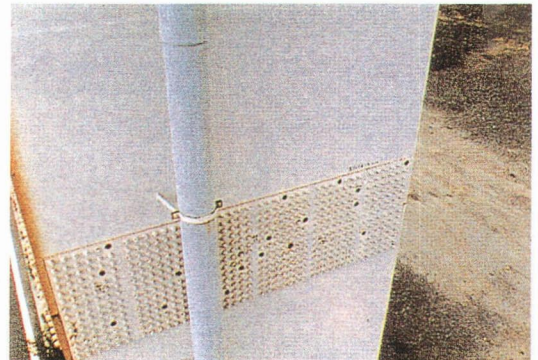


写真4.77 柱継手部の損傷の状況

その結果、次のような傾向がわかった。

- ① 既供用路線における一般的な地域の折損率は50万～100万本に1本程度である。
- ② 鋼構造物の継手に使用されている高力ボルトは、JIS B 1186規格によるF13T、F11T、F10T、F9T、F8Tである。このうちF13TおよびF11Tの高力ボルトには損傷が数多く発生している。
- ③ 鋼製橋脚の損傷が40%近くを占めている。また鋼桁の場合、I桁に比して、箱桁に損傷が多く、閉断面材に損傷が多い。
- ④ 高力ボルトの折損位置は、不完全ねじ部、遊びねじ部、ナットかかり部の3部位での折損が97%に達し、軸部での折損はほとんどない。
- ⑤ 損傷の内容を折損とゆるみに大別しているが、点検により発見されたゆるんでいるボルトをランダムに抜き取り、詳細調査した結果、十数%のボルトに傷が見られた。この傷は遅れ破壊の前兆と考えられる。
- ⑥ 湾岸地区に設置された橋脚に損傷ボルトが多い。

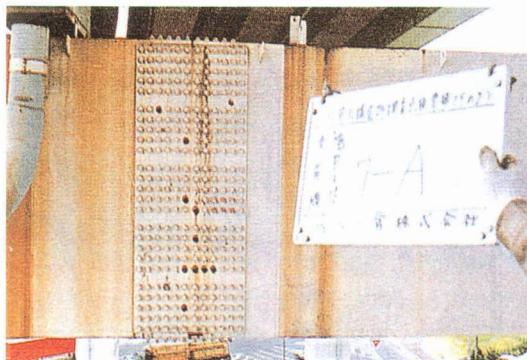


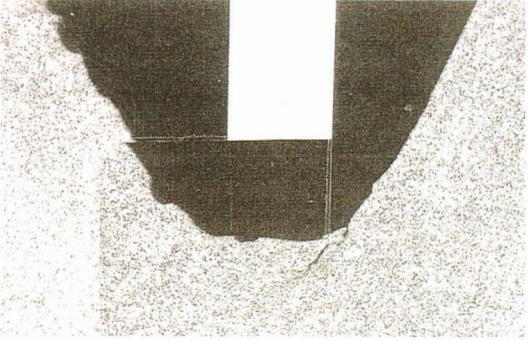

写真4.78 梁部の損傷の状況



写真4.79 損傷高力ボルトの回収状況

損傷の

概要

<p>原因の推定</p>	<p>高力ボルトの折損の主原因は、高強度材料特有の「遅れ破壊」である。</p> <p>遅れ破壊に対する感受性は、引張強さの大きさとそのばらつき、腐食環境、熱処理等ボルト製作工程上のばらつき等に大きく関係するといわれており、現在のところ明確なことは不明である。</p> <p>また、損傷状況でみたように、鋼製橋脚や箱桁のような閉断面部材に遅れ破壊が多いことから、閉断面部材内部の滞水や結露による腐食環境が遅れ破壊に対して影響を与えていると考えられる。湾岸地域の橋脚で損傷事例が多いのも同様の原因と思われる。</p> <p>前述したように高力ボルトには折損以外にも“ゆるみ”も多く発生しているが、経年による“ゆるみ”か、折損の初期的症状であるのか、締付け不足なのか、正確な原因は不明である。遅れ破壊による高力ボルトの損傷破面の拡大写真を写真4.80、4.81に示す。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>写真4.80 損傷破面の拡大（軽微な腐食孔ときれつが発生したねじ谷×50）</p> <p>写真4.81 ねじ谷底部の拡大（きれつ部拡大×200）</p>
<p>補修方法</p>	<p>F13Tの事例では、取替え可能な下フランジ部、腹板部については、同程度の強度を有して靱性の高い規格の高力ボルトに取り替えた。しかし、上フランジ部の高力ボルトは床版中に埋め込まれており、取替えが困難と判断されたので、このため高力ボルトの落下により第三者に危険を及ぼすと考えられる地域については、写真4.82に示すような金網による防護ネットを設置して応急対応してきた。</p> <p>その後、調査研究を進め、高力ボルト補修要領を定めた。これによると点検により高力ボルトの損傷が発見された場合、補修範囲および補修方法の決定の資料を得るため損傷状況調査を行うこととしている。</p> <p>まず、ボルト継手に接近し、主としてたたき点検による高力ボルトのゆるみの有無、位置などを調査する。この調査によりゆるみが多く発見された場合は高力ボルトを抜き取り磁粉探傷法や超音波探傷法、残存軸力測定法等で調査する。構造物から多くの遅れ破壊が確認された場合はあわせて竣工時の書類調査を行うことにしている。</p> <p>なお原因推定調査のため必要に応じて表4.8の試験を行う。</p> <p>高力ボルトの取替え範囲の決定に当たっては、調査結果を総合的に判断し、次のような3種類に分類している。</p> <p>まず、公団における折損ボルトの発生状況を見ると、1構造物当たりの累積折損ボルトの本数が10本未満の構造物が多く、折損ボルトが10本以上確認された構造物の数は限られている。したがって損傷が発生した添接板の全高力ボルトを添接板単位で取り替えることを標準としている。</p> <p>次に、1構造物から10本以上累積折損ボルトが確認されたところでは、その後</p>

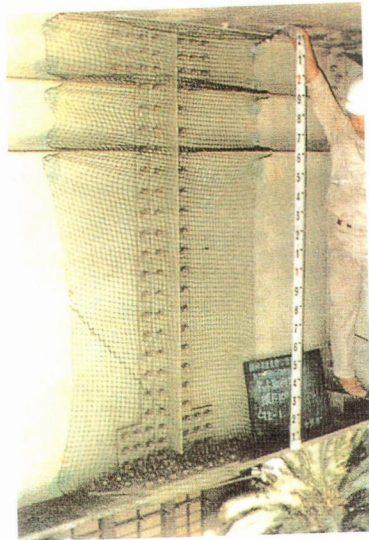


写真 4.82 落下防止ネット設置の状況

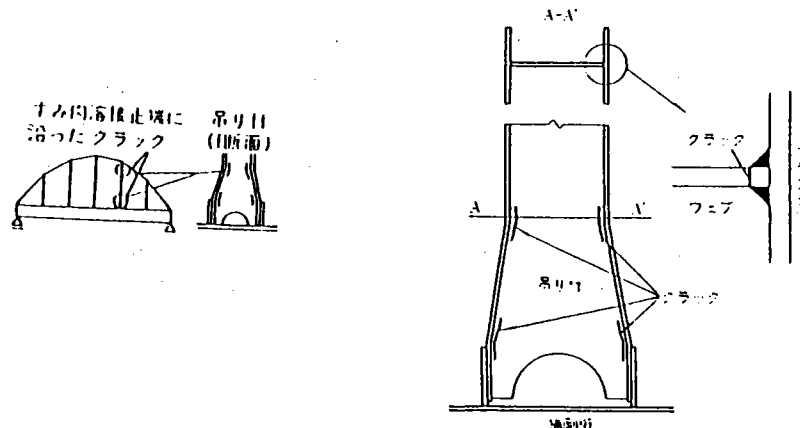
補修方法

表 4.8 高力ボルトの損傷原因究明調査試験項目

種別	調査試験項目	目的	規格・方法	備考
形状観察試験	外観調査	形状、寸法、発錆状況調査	カラー写真撮影、寸法測定	◎
	磁気探傷試験または浸透探傷試験	欠陥の有無調査	JIS G 0565 JIS Z 2343	◎
	破面走査電顕観察	破面調査	走査電顕による調査	
	不完全ねじ部の形状観察	ねじ形状と腐食状況観察	ねじ部を縦方向に切断して観察	◎
冶金学的試験	化学組成分析	成分確認 鋼材の適合性	JIS G 0321	◎
	オーステナイト結晶粒度	熱処理状況の確認	JIS G 0551	◎
	非金属介在物清浄度測定	清浄度の調査	JIS G 0555	◎
	光顕組織観察	金属組織観察	光顕による観察	
	腐食生成物の成分分析	ボルト平行部の腐食原因分析	X線回折 化学分析	
機械的試験	硬度試験（表面、内部）	硬度および硬度分布調査	JIS Z 2244 JIS Z 2245	◎
	引張試験	引張強度の確認	JIS B 1186	◎
	製品引張試験	製品引張強度の確認	JIS B 1186	◎
	衝撃試験	衝撃強度の確認	JIS Z 2202 JIS Z 2242	
	遅れ破壊促進試験	耐遅れ破壊性状	遅れ破壊促進試験機による促進	
その他	導入軸力調査	導入軸力量調査	ひずみゲージ、トルクレンチ、磁気軸力計	
	振動調査	構造物振動	振動加速度センサー ひずみゲージ	
	環境調査	大気、雨水、さび調査	化学分析	◎

注) ◎は、原因推定調査を行う場合、必ず調査項目に入れる

<p>補修方法</p>	<p>も継続してボルトの折損が発生した例が多い。このような場合に使用されている高力ボルトは、材質的に遅れ破壊の感受性が高いと思われる。したがって、これらの構造物に使用されている高力ボルトは、製造単位で取り替える方が望ましい。なお、ロットが不明な場合は損傷高力ボルトと同一形状の全ボルトとしている。</p> <p>また、10年以上経過した構造物で1～2本の折損またはゆるみがあり、この工区の他の構造物に損傷が確認されていない場合は、継続して遅れ破壊が発生する可能性はきわめて小さい。このような箇所では、まだ健全な高力ボルトまで取り替えることは必ずしも望ましいものではなく、損傷高力ボルトのみ取り替えることとしている。</p> <p>取替えに使用する高力ボルトは、JIS B 1186 F 10 T 規格のものとしている。F 11 T ボルトで設計された継手の継手性能を F 10 T ボルトで照査すると、許容応力度を満足する場合とそうでない場合がある。許容応力度を超過する場合であっても、超過値は高々5%程度であり、補修時にはすでに添接材が母材になじんでいて、締付け後の高力ボルト軸力は、ばらつきが少なく、かつ板のなじみによる軸力減少が少ないので、継手部全体の摩擦力の期待値が高まる。また死荷重用下で高力ボルトを取り替える場合、取替え順序を適切に選ぶことによって各高力ボルトへの摩擦伝達力が平均化される等の理由で F 10 T で補修してもよいことにしている。</p>
<p>備考</p>	<p>コンクリート部に埋め込まれた損傷ボルトの撤去方法と差込みボルトの締付け方法について実験研究を行ったところ、良好な結果が得られている。</p> <p>文献：道路橋のメンテナンス（財団法人 阪神高速道路管理技術センター）</p>

損傷の名称	①ランガー桁吊材両端の亀裂
<p>損傷の概要</p>	<p>吊材の両端付近に亀裂が生じた</p>  <p>すみ肉溶接止端に沿ったクラック</p> <p>吊り目 (断面)</p> <p>クラック</p> <p>フエブ</p> <p>吊り目</p> <p>補修前</p>
<p>原因の推定</p>	<p>ランガー桁の吊材が風により激しく振動し、吊材の両端付近の断面変化部に振動による疲労亀裂が発生した</p>
<p>補修方法</p>	<p>ケーブルにより吊材相互を連結することにより、吊材の振動を抑え、亀裂は現場溶接による補修を行った (対策の詳細. 道路構造物の損傷例. 補修例 (道路S57. 11))</p>
<p>その他</p>	

損傷の名称

② 標識柱架台ブラケット溶接部の亀裂

損傷の概要

昭和59年7月に、標識柱用ブラケットの溶接部にわれが発見された(図4.48, 4.49, 写真4.43, 4.44)。目視観察によると、われはブラケット縁端部の上フランジと腹板との溶接部より発生、進展し、ダイヤフラムにまで達していた。この位置で、われはブラケットの上フランジにまで及んでおり総周長延長は269 cmに達し、重車両の通過時には、われが開閉口している。

損傷部には相当のさびがみられ、われは供用後1~1.5年で生じていたと考えられる。類似構造の当該部付近のブラケットを調査した結果、ベッドプレートのない5基のうち3基にわれが発見された。

原因の推定

損傷の要因としては次のようなものが考えられる。

- ① 標識柱ベースプレートを板厚9 mmのブラケット上フランジで直接支持する構造となっており、荷重分散を図るベッドプレートが入っていない。
- ② 標識柱直下付近の補剛が不十分であった。
- ③ 4.2.11で述べたように、活荷重等による主桁、ブラケットおよび標識柱の振動が均一でない。

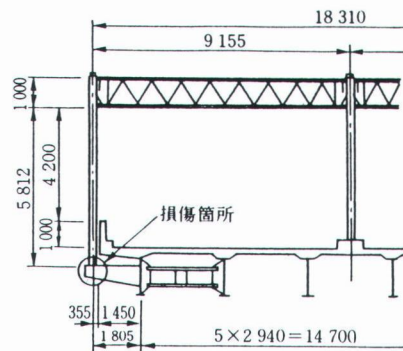


図4.48 損傷箇所位置図

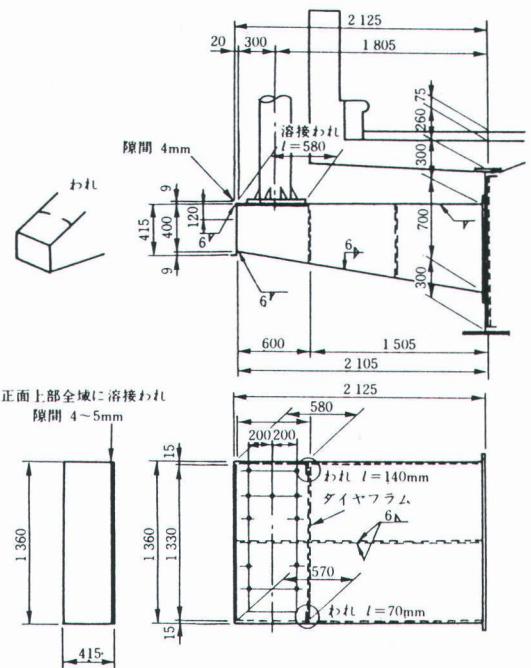


図4.49 標識柱用ブラケット損傷状況

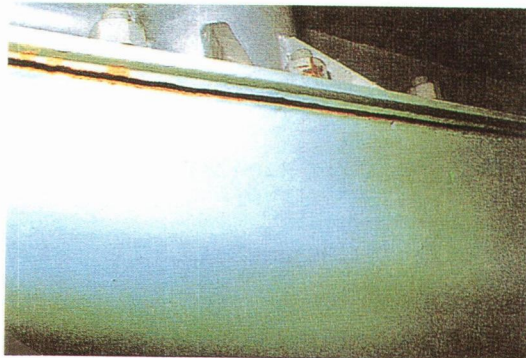


写真4.43 上フランジと腹板との溶接部のわれ

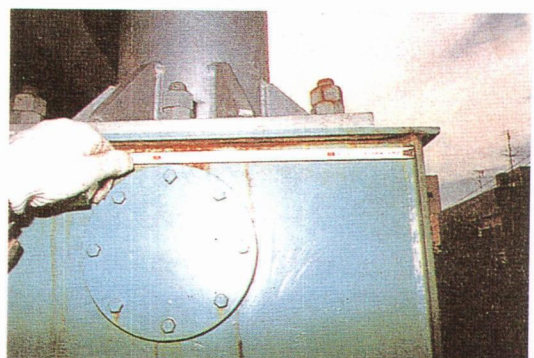


写真4.44 上フランジと化粧板との溶接部のわれ

- ④ 上記①~③の理由により、損傷溶接部には過大な応力が繰返し作用した結果、疲労破壊したと考えられる。

補修は以下のように行った。

- ① 類似構造（ベッドプレートのない構造）のブラケットについて、目視および染色浸透探傷試験を行い、われの有無を確認した。
- ② われが確認されたものについては、現場溶接による補修が困難であるので、図 4.50 に示す構造のブラケットに取り替えた。この構造は、ブラケット上フランジの上に補剛と荷重分散を目的とした板厚 19 mm のベッドプレートを取り付けたものである。また、上フランジの腹板との溶接も完全溶込みとし、

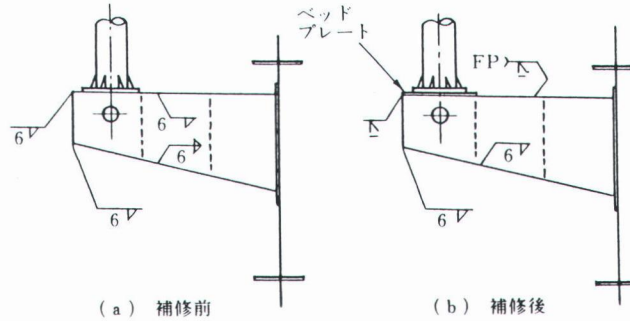


図 4.50 ブラケット改良要領

補修方法

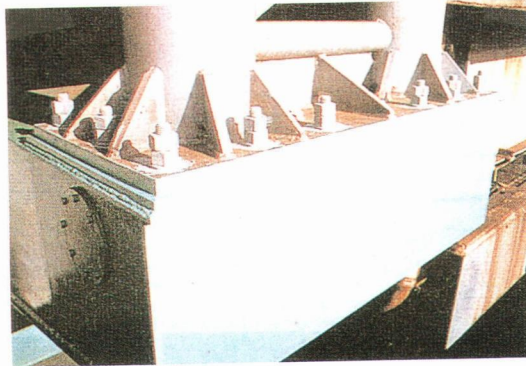


写真 4.45 ブラケット取替え完了

耐力向上を図っている。

- ③ ブラケットの取替えは、標識柱先端を 1 台のクレーンで吊り上げ支持し、もう 1 台のクレーンで作業を行った。
- ④ われが発見されなかったものについては、19 mm のベッドプレートを挿入した。

文献：道路橋のメンテナンス（財団法人 阪神高速道路管理技術センター）

備 考

2-3 その他の要因によるもの

(1) 解説

鋼橋の損傷には、走行車両、列車等による疲労損傷及び漏水や環境等による腐食以外にも、例は少ないが、車両の衝突、火災、地震等事故によるもの、設計、施工上の配慮不足のによるもの等様々な原因による損傷がある。ここでは数例について事例を取り上げた。

(2) 事例

1) 主桁、床組

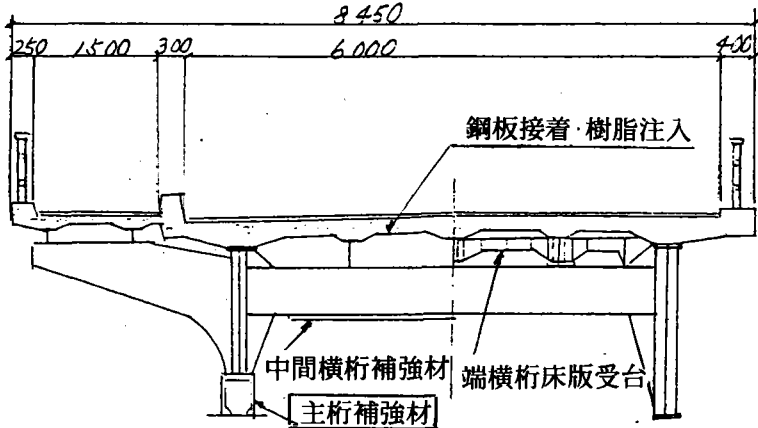
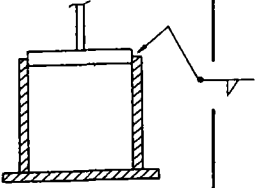
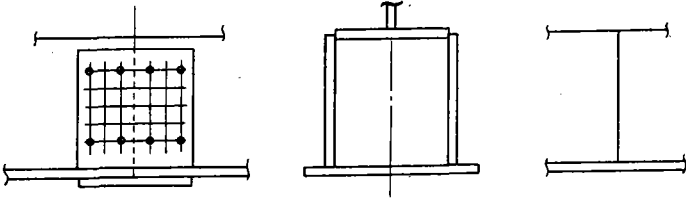
- ① 歩道添加による主桁の過応力
- ② 支承の沈下による鈹桁端横桁ウェブの亀裂
- ③ 下路トラス端柱の局所的な損傷
- ④ トラス下弦材（中間支点部）の下フランジの座屈
- ⑤ 落下物による鋼桁の損傷

2) 支承部

- ① 沓座モルタルの破損

3) その他

- ① 桁遊間の不足
- ② 落橋防止装置の取付不良による損傷

損傷の名称	①歩道添加による主桁の過応力
損傷の概要	<div style="text-align: center;"> <p>断面図</p>  </div>
推定原因	<p>歩道部拡幅に伴う主桁への過応力。</p>
補修方法	<p>主桁が許容応力をオーバーしているため右図のように下フランジに補強材を溶接接合で補強した。</p> <p>溶接は夜間、全面通行止とし、橋体の振動による溶接への悪影響を与えないよう注意し施工した。</p> <p>また補強材同志の継手は現場施工管理面を考慮、溶接構造にするよりも、H. T. Bの方がいいと判断し、H. T. B継手とした。</p> <div style="text-align: right;">  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>
その他	

損傷の名称

② 支承の沈下による鉄桁端横桁ウェブの亀裂

(a) 事例1

単純鋼I桁(4本主桁)の端横桁の腹板が、図4.32および写真4.25に示すように座屈していた。損傷箇所の概要は以下のとおりである。

① G1およびG4桁の可動支承は、それぞれ17mm、19mm沈下していた(写真4.26)。

また、当初の支承設置記録などが不明であるので明確ではないが、上記支承の水平位置は、隣接桁の固定支承位置から見ると、それぞれ10mm、16mm内桁側に変位していた(図4.33)。

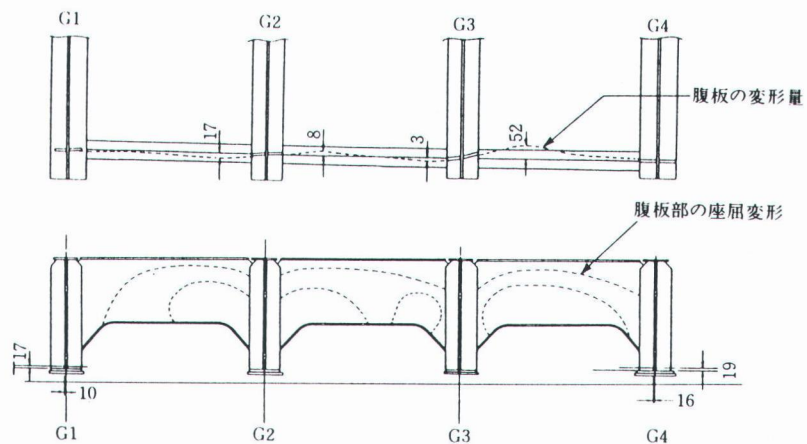


図4.32 端横桁の面外変位の状況

損傷の

概要

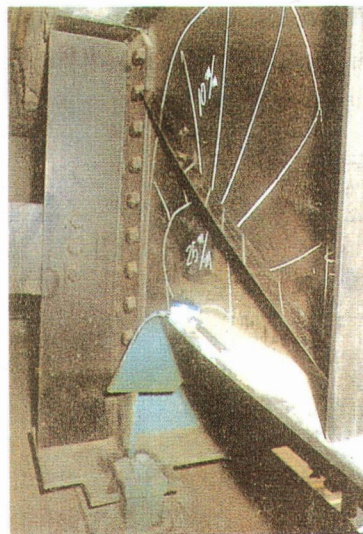


写真4.25 損傷の状況(横桁の座屈)

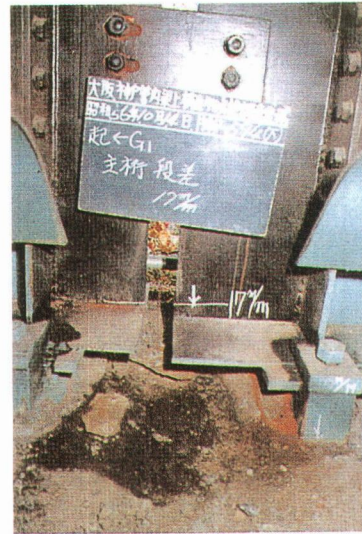


写真4.26 損傷の状況(支承沈下17mm)

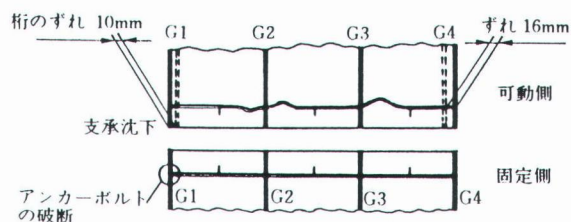


図4.33 水平変位の状況

損傷の概要

- ② 3つの端横桁の腹板はすべて座屈していた。とくにG3-G4間の端横桁腹板の面外最大変位量は52mmに達しており、その影響は図4.32に示すように端横桁腹板の広い範囲にわたっていた。
- ③ 同一橋脚上にある隣接径間のG1およびG2桁の固定支承のアンカーボルトは破断しており、下桁は交通荷重により振動していた。
- ④ 端部コンクリート床版には顕著なひびわれは見られなかった。
- ⑤ 路面ではG4桁の位置で伸縮装置が大きく傾斜して段差が生じていた。なお、G1桁の位置での傾きは顕著に見られなかった。

(b) 事例2

3径間連続鋼I桁橋の一部の橋横桁腹板(G5-G6間)に、写真4.27、4.28に示すような長さ530mmのわれが発見された。また、G5桁の支承は図4.34に示すように7mm沈下し、G6桁の支承ではサイドブロックの2本の取付けボルトにゆるみが見られた。

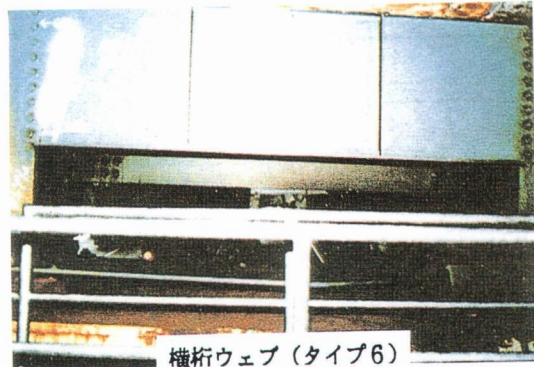


写真4.27 端横桁の損傷状況

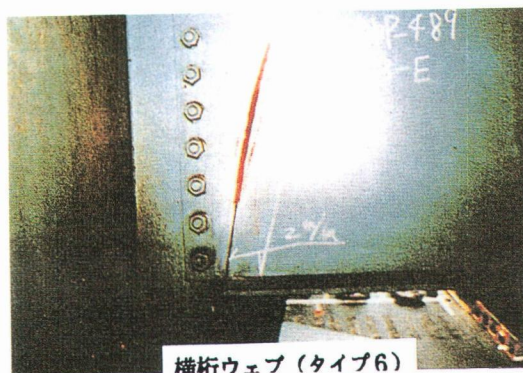


写真4.28 端横桁の損傷状況

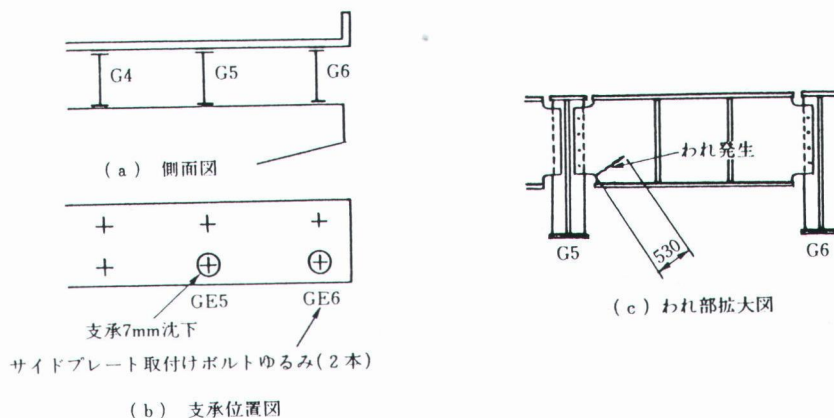


図4.34 横桁腹板に生じたわれの状況

原因の推定

いずれの事例も、支承の沈下により車両通過時に主桁が上下動するために生じたものである。この動きが、事例1では過大な圧縮力となって端横桁に作用して腹板を座屈させ、事例2では繰返し作用により断面変化部に疲労破壊を生じさせたものと考えられる。

なお、支承の沈下の原因については、後の4.2.21の項を参照されたい。

補修方法

事例1における端横桁の損傷は著しいが、これに働く力が小さいことから、現状では橋梁全体の機能低下をまねくことは少ないものと考えられた。また、端横桁はコンクリート床版と一体となっており、これの取替えは大規模となる。したがって、補修は沓座の修復および加熱による端横桁腹板のひずみ取りに止めた。

沓座の修復は以下の手順で行った(図4.35)。また、ひずみ取りについては、4.2.10 車両火災の項で詳述するので、その項を参照されたい。

- ① 沓座の補修に先立ち、主桁の補修工事用ジャッキ受け点に補強材を取り付けた。
- ② 補強材下面に仮受け台およびジャッキを設置して、2台のジャッキを連動させて、伸縮装置および床版に悪影響を及ぼさないように、主桁のジャッキアップを行った(写真4.29)。

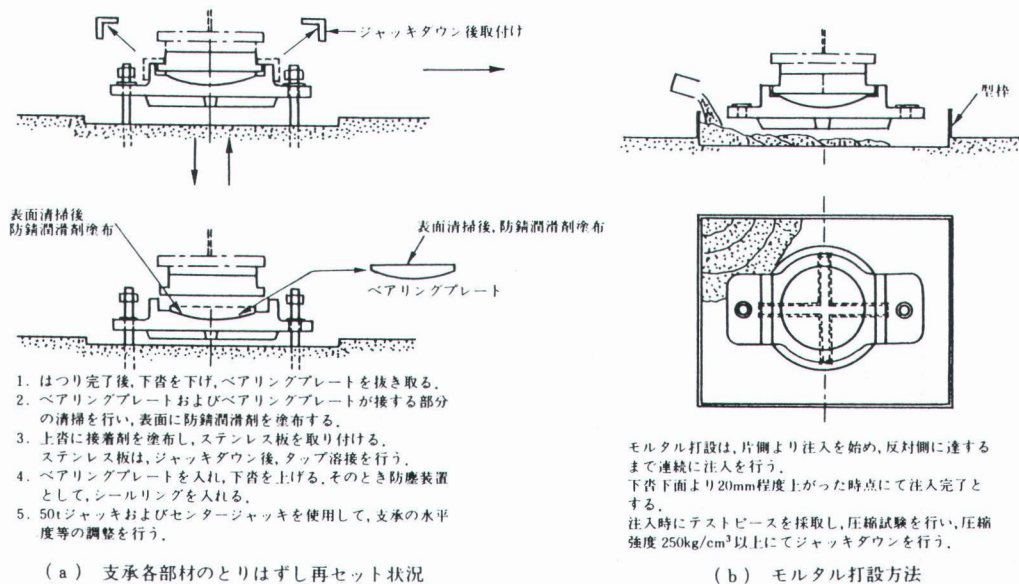


図4.35 沓座補修要領

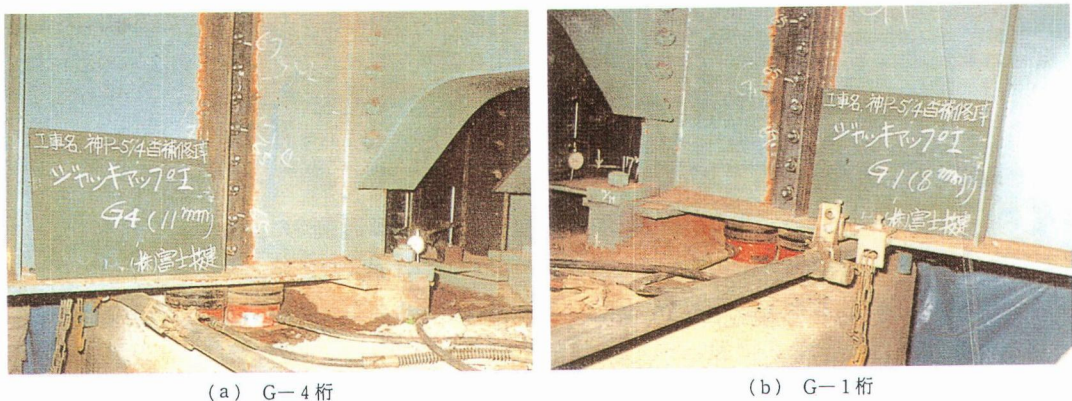


写真4.29 ジャッキアップの状況

- ③ ジャッキアップ後、沓座モルタルをはつり、ベアリングプレートを抜き取り、上沓、下沓およびベアリングプレートをワイヤブラシなどで清掃した。
- ④ 清掃完了後、位置を確認して、支承を据え付け、支承周辺に無収縮モルタルを打設した。

補修方法

事例2では、端横桁腹板のわれの進展が懸念されることから、事例1と同様の沓座の補修とともに、われの補修も同時に行った。

- ① まず、われの先端を確認し、ストップホールを明けた。
- ② 次に、端横桁に取り付けた補強材位置で仮受けし、既設の高力ボルトを抜き取り、その孔にドリフトピンを挿入した。
- ③ われ付近の塗装を取り除き、ガウジングにより開先を加工し、補修溶接を行った。浸透探傷試験により、補修溶接部に欠陥のないことを確認後、ビードをグラインダーで仕上げた。
- ④ その後、図4.36および写真4.30のように、補強板を高力ボルトにて取り付けた。
- ⑤ 仮受け点のライナーおよびジャッキを撤去し、補強板、高力ボルトおよび塗装はく離部に塗装を施した。

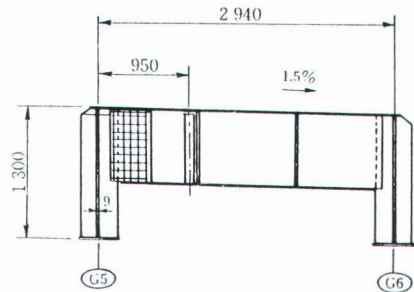


図 4.36 補強概要図

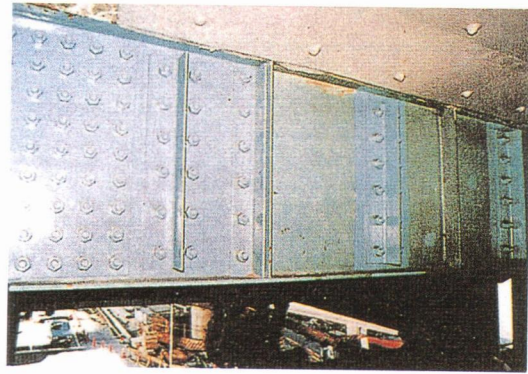


写真 4.30 端横桁の補修状況

現在の基準では、端横桁は図4.37に示すようなニーブレース構造に改正されており、このような損傷は発生しないと思われる。

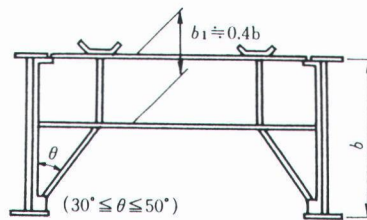
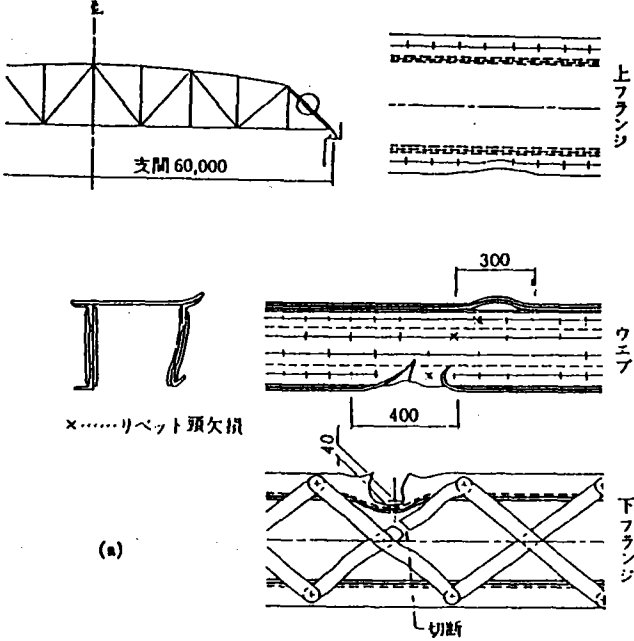
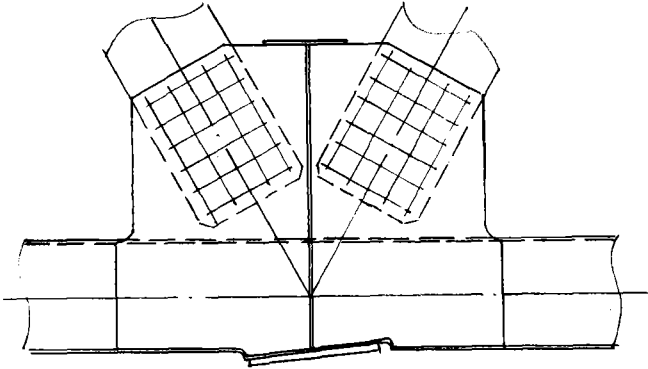
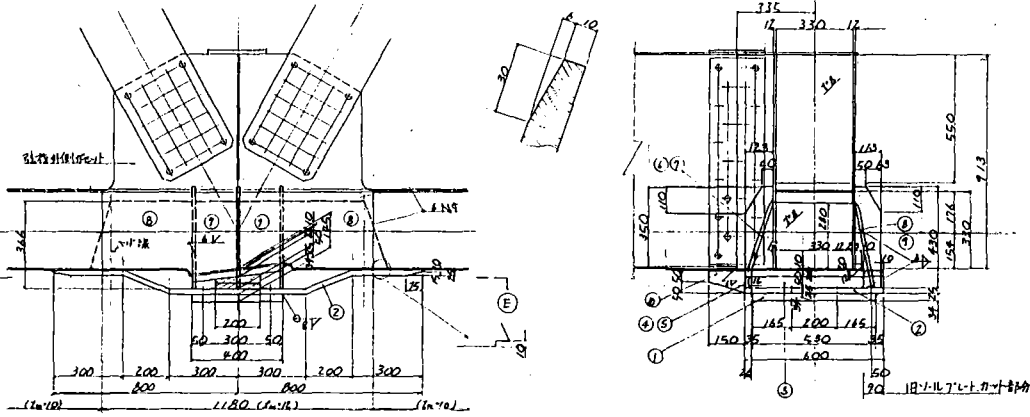


図 4.37 端横桁の構造標準図

備考

損傷の名称	③ 下路トラス端柱の局所的な損傷
<p>損傷の概要</p>	<p>トラス端柱の局所的な損傷</p> <p>レーシングバー、下フランジ腹板及び上フランジに局所的な曲がり亀裂が生じた。</p> 
<p>原因の推定</p>	<p>トラス端柱に自動車が衝突したことによる。</p>
<p>補修方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・部材で曲がり、変形の生じたものは出来る限り加熱矯正法により平滑にする。 ・亀裂の生じた部材は、平滑にした後に亀裂部を開先加工し溶接する。この場合溶接ビードはグラインダー仕上げをする。 ・変形、曲がり及び亀裂の生じた部材は、補強板を溶接で取り付ける。 ・切断、又は弛緩したリベットは高力ボルトに取り替える。
<p>その他</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・支承部の点検も必要

損傷名	④ 下弦材（中間支点部）の下フランジの座屈
損傷の概要	<p>4径間連続トラスの中間支点部下弦材下フランジがソールプレート端部にて座屈した。</p> 
原因の推定	<p>橋軸方向の大きな地震時水平力の偏心曲げにより座屈したと思われる。</p>
補修方法	<p>既設部材の補修・取り替えは不可能と思われたため、新設材を下フランジ及びウェブに溶接により補強した。</p> 
備考	

損傷の名称	⑤落下物による鋼桁の損傷 (1/2)	
損傷の概要	<p> 損傷は落下物の衝撃を直接受けた中桁が大きく損傷しており、その状況を写真4.104、図4.82に示す。影響範囲は橋軸方向に約3.3mにわたっており、変形量は最大で上フランジが30cm（鉛直方向）、腹板パネルが20cm（水平方向）であった。一方、周辺の主桁や対傾構、横構ならびに支承部については綿密な調査を実施したが、とくに異常は認められなかった。 </p> <p> また、主桁の継手部をはじめ、主桁と対傾構との取付け部など、すべてのボルトをハンマーによるたたき点検を行った。その結果かなりの箇所ボルト継手部には落下物の衝撃によると思われる滑りがみられ、それに伴うボルトのゆるみが報告された。その状況を図4.83に示す。 </p> <div data-bbox="493 607 1262 805" style="text-align: center;"> </div> <p> 図4.82 G4主桁変形状況（数字の単位はmm） </p>	
推定原因	<p> 落下物による衝撃 </p> <div data-bbox="784 879 1262 1247" style="text-align: center;"> </div> <p> 写真4.104 損傷状況 </p>	
補修方法	<p> 補修後の耐久性ならびに施工上の安全性等を総合的に判断した結果、補修時にベントで支持し、主桁の上半分を切断撤去後、新しい部材に取り替える工法で補修した。 </p> <p> 補修工事は次の順序で行った。 </p> <p> ①ベントを立てて荷重を受ける、②ガス切断で損傷部撤去、③ひずみ取り、矯正、④主桁の腹板にCT鋼取付け、⑤復旧部材を仮ボルトで取付け、⑥ジャッキアップによる応力改善、⑦上フランジ突合せ溶接、⑧溶接部超音波探傷、⑨高力ボルト本締め、⑩主桁腹板CT鋼の高力ボルト取替え、⑪ジャッキダウン、⑫床版・上フランジ間樹脂注入、⑬ジャッキ開放、⑭塗装、⑮足場撤去、⑯ベント解体。 </p>	

損傷の名称

⑤落下物による鋼桁の損傷

(2/2)

補修方法

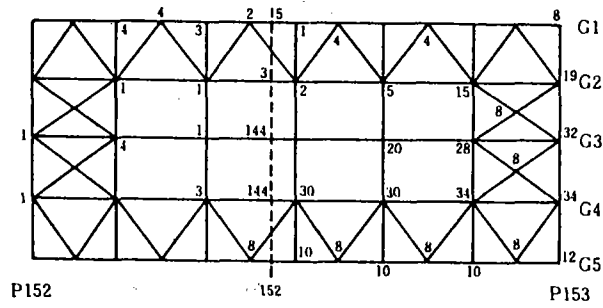


図 4.83 ボルトゆるみ本数 (数字が格点でのゆるみ本数)

問題になるのはジャッキアップ、ダウンによる損傷桁、隣接桁の応力度の変化であるが、格子解析によってその影響度を求め、損傷により再配分された死荷重応力度を改善するように突上げ力を定めた。とくに、損傷部分切断後の主桁のコーナー部は、ジャッキアップ時に応力集中が見込まれるため、補強を行った。また、突上げ時の床版には 20 kg/cm^2 程度の引張応力度が発生すると計算されたが、一時的な荷重でありとくに問題ないものと判断した。計算の結果、2点でそれぞれ 30 t ずつ突き上げることにより、損傷下で再配分された死荷重応力度の改善が図れ、主桁に作用する応力度を通常の許容応力度以内にする事ができた。

補修構造を図 4.84 に示す。上フランジの接合は高力ボルトの適用が不可能なため、供用下での上向き突合せ片面溶接で施工を行った。この施工は過去に例がないため、慎重に現場溶接施工試験を行い実施した。

なお桁補修工と併行して応力計測を行い、各施工段階の応力度の推移把握と補修完了後の応力の改善確認を行った。

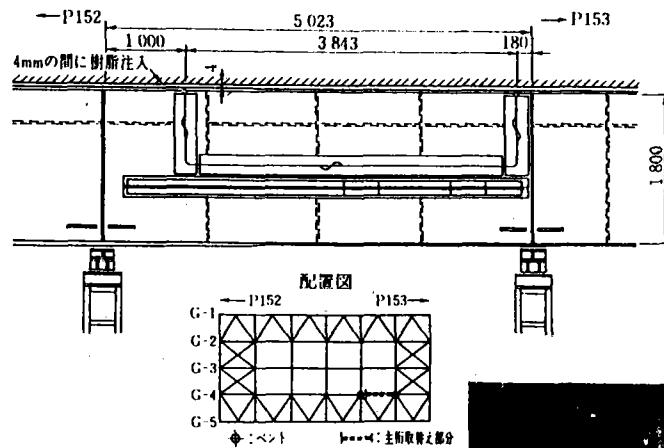


図 4.84 補修構造

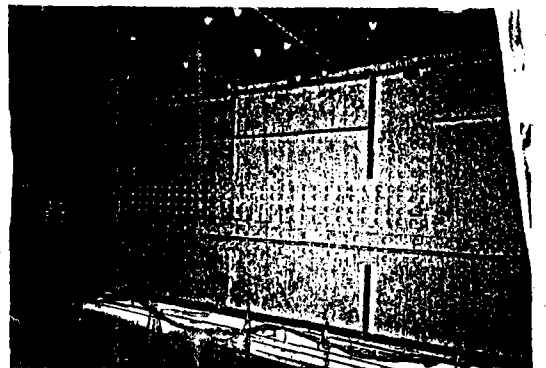
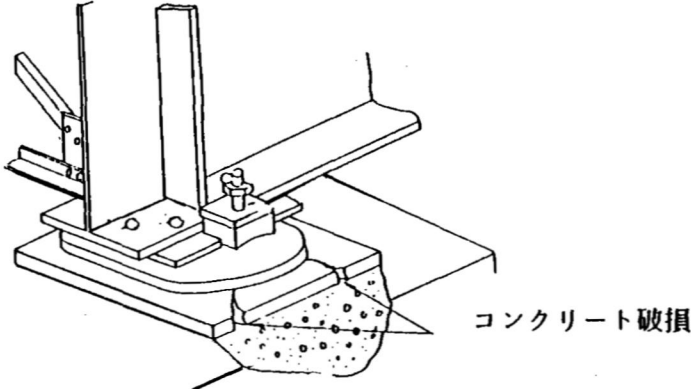


写真 4.105 補修完了

その他

支承部

<p>損傷の名称</p>	<p>① 沓座モルタルの破損</p>
<p>損傷の概要</p>	<p>沓座モルタルが破損している</p> 
<p>原因の推定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 沓座モルタルの施工不良 ・ 繰り返し荷重による材料の劣化 ・ コンクリートの凍結融解等
<p>補修方法</p>	<p>沓座補修の施工要領例 施工は、以下の順序で行われた。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 仮受け 樹脂ライナー、樹脂スペーサー、油圧ジャッキ等で主桁を仮受け (2) 既設沓座コンクリートの撤去 劣化、損傷したコンクリートのはつり、除去 (3) 打設面の清掃と養生 打設面のはつり片、塵埃等の除去と防護シート養生 (4) 型枠設置 面積が広い場合の補強鉄筋の設置 所定の寸法に合わせた型枠の設置 沓座面端部、各部の面取り (5) 骨材充填と型枠のシール 接着剤用乾燥粗骨材の沓座面までの密な充填 型枠の継目等の急結材のシール (6) 注入モルタルの混合 主剤 硬化剤 充填材 促進剤 混 合 混 合 (7) 沓座モルタルの注入 圧入等によるモルタルの注入充填 沓のベースプレート底面から上10mm以下、モルタル硬化前に珪砂の散布 (8) 養生 0℃で4時間以上、30℃で1.5時間以上、型枠を取り外さない (9) 完成 型枠の取り外し、仕上げ、清掃と仮受けの撤去 <p>注) 促進剤の添加量は施工温度によって調節するが、添加しなければ固まらない</p>
<p>その他</p>	

損傷の名称

② 落橋防止装置の取付不良による損傷

地震時の落橋を防止するため桁相互を連結する落橋防止装置に以下のような損傷が発見されている。

- ① 両端ピン型式耐震連結装置の連結板が、支点上補剛材あるいは端ブラケットと接触し (写真 4.93), 桁の伸縮, 回転を拘束している。
- ② 写真 4.94, 4.95 の例は, 隣接桁の主桁腹板位置がずれており, 一方は主桁腹板, 他方は端横桁腹板に取り付けたプレートとを結んでいる落橋防止装置であるが, ピン固定用ナットと端横桁の垂直補剛材とが接触している。また, さびも発生している。
- ③ 写真 4.96 の例は, 落橋防止装置の移動余裕量が不足し, 主桁の移動が拘束されたため, 横桁に設置した耐震連結装置取付けプレートの溶接部にわれが発生している。
- ④ 写真 4.97, 4.98 の例は, 図 4.78 に示すような古いタイプの落橋防止装置

損傷の

概要

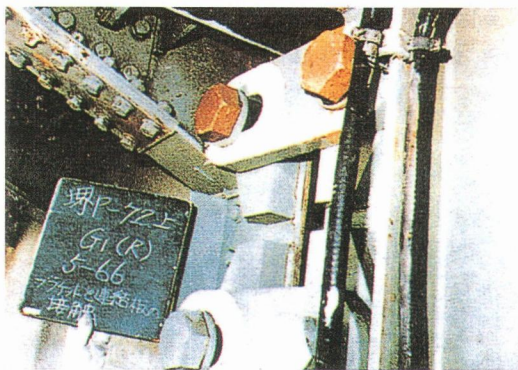


写真 4.93 連結板とブラケットの接触

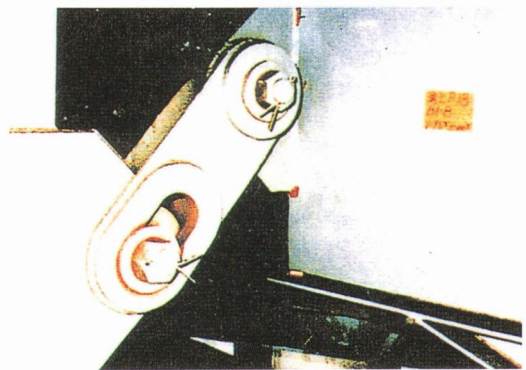


写真 4.94 移動量不足による母材のわれ (その1)



写真 4.95 移動量不足による母材のわれ (その2)

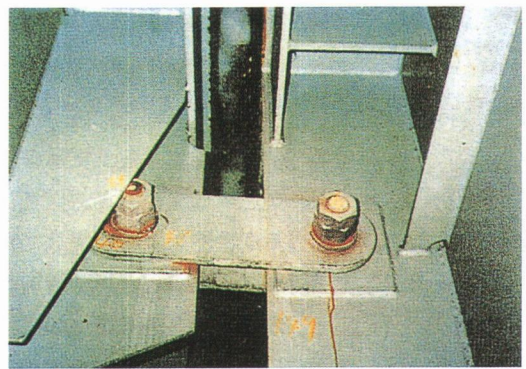


写真 4.96 箱桁垂直補剛材とボルトの接触

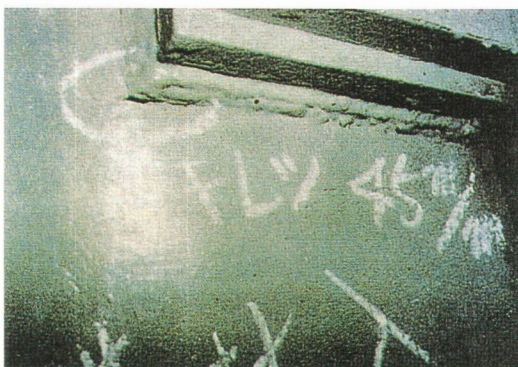
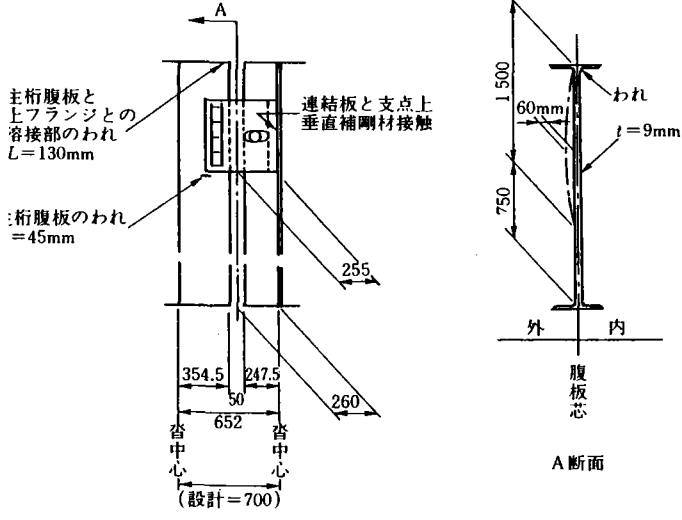
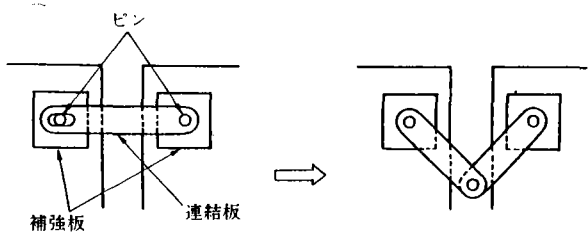


写真 4.97 連結板接触による母材のわれ



写真 4.98 連結板接触による溶接部のわれ

<p>損傷の概要</p>	 <p>図4.78 古いタイプの耐震連結装置の損傷状況</p> <p>であるが、連結板が支点上補剛材に接触し、移動および回転を拘束したため、主桁の腹板とフランジとの溶接部および主桁腹板補強板取付け溶接部にわれが生じている。また、移動が拘束されたため、あるいは補強板取付け時の溶接ひずみのため、図に示すように主桁腹板にはらみだしが見られる。</p> <p>このような高力ボルトを使用した落橋防止装置では、ボルトを締めすぎ、移動・回転機能を拘束している事例も多い。</p>
<p>原因の推定</p>	<p>耐震連結装置は、建設時に設置される場合と、既設の桁に取り付けられる場合があるが、いずれの場合にも、それまでの工程の誤差が落橋防止装置の製作、取付けに反映されていないことが原因と考えられる。すなわち、落橋防止装置の設置位置は、下部工の施工誤差、上部工の製作誤差および支承を含む上部工の架設誤差が集約するところである。したがって、これらの誤差を考慮して、落橋防止装置の設計、施工を行うべきであるのに、設計図どおりの落橋防止装置を取り付けたために、他の部材と接触し、上記のような損傷を発生させたと考えられる。</p> <p>また、落橋防止装置、鋼桁端部ならびに伸縮装置受け桁設計図が、それぞれ別図になっていて、設計時に取合い関係の検討が不十分なために損傷をひき起こす事例も多い。</p>
<p>補修方法</p>	<p>落橋防止装置の損傷の補修は、損傷の種類によって、次のように実施した。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 連結板、補強板等の板同士が接触して移動を拘束している場合は、板相互間にテフロン板などを挿入し移動が円滑となるようにした。 ② 連結板と他の部材とがせって、移動や回転機能を拘束している事例のうち、厚板あるいは高強度の連結板を用いれば解決できるものについては、新しい  <p>(a) ピン式落橋防止装置 (b) リンク式落橋防止装置</p> <p>図4.79 脱端防止装置の改造</p>

<p>補修方法</p>	<p>連結板に取り替えた。そうでない場合は、図 4.79(b) のようなリンク形式の落橋防止装置に改造した。</p> <p>③ 写真 4.96 の事例や高力ボルトの締め過ぎによる損傷事例のような旧基準による落橋防止装置は、ピン構造とし現行道路橋示方書に適合するように改良している。それが不可能な箇所については高力ボルトおよび連結板を取り替えた。</p> <p>④ いずれの場合も、溶接部あるいは母材にわれが生じているものについては、溶接によりわれを補修した。</p>
<p>備考</p>	<p>落橋防止装置は工区境となることが多いこともあって、仮組みされることが少なく、その製作、架設にあたって各種の誤差が考慮されていないため、前述のような損傷が発生しやすい。したがって、落橋防止装置の設計・施工にあたっては、その機能と趣旨を十分理解して慎重に行わなければならない。近年建設される橋梁は、長大化、連続化が図られ、落橋防止装置設計用の移動量も大きくなってきているので、橋梁計画には支承間隔を大きくし、耐震連結装置が無理な設計とならないように注意する必要がある。端横桁に落橋防止装置を取り付ける場合、端横桁の垂直補剛材や腹板は、もともと、落橋防止装置の取り付く方向には、荷重のかかる設計をしていない。したがって、このような場合には、落橋防止装置から作用する力に対する補強をしなければならない。</p> <p>文献：道路橋のメンテナンス（財団法人 阪神高速道路管理技術センター）</p>

3、まとめ

補修対策工法のワーキング期間中の1995年1月17日に、兵庫県南部地震が発生した。震度7とも8とも言われている想像を絶するエネルギーが、一瞬のうちに阪神地区の人命と、財産を奪った。我々が戦後営々と蓄積してきた道路、鉄道等の社会資本にも大きな被害を受けた。この復旧工事と、その後の耐震補強工事で、わが対策工法グループもワーキングが一時頓挫したため、対策工法については、自信を持って示せたとは言い難く、トレーニングマニュアルの研究の主旨に沿ったかどうか気になるところである。

補修工事も、大震災を契機として現在は、耐震対策の工事現在（財）道路保全技術センターを中心に行われている調査、点検を通じ、工種ごとに施工方法・指針・マニュアルが整備されていくものと考える。

今回の事例には、兵庫県南部地震による損傷事例は含んでいないが、今後この補修改造事例が発表され、対策工法の研究、開発に役立つものと期待している。

技術用語集

下記より抜粋した。

1. 図解橋梁用語事典
1992年 5月20日 佐伯彰一 編 山海堂
2. 鋼構造用語辞典
1989年 2月 日本鋼構造協会 技報堂

目 次

[あ]

相づり	1
アイドラ	1
合取り	1
アークエアガウジング	1
アークスタッド溶接	1
アークストライク	1
朝 顔	1
当 盤	1
当もみ	1
アルカリ骨材反応	2
アングル	2
アンカーボルト	2
アンダーカット	2

[い]

いって来い	2
移動荷重	2
移動制限装置	2
いも継ぎ	2
インパクトレンチ	2

[う]

ウォッシュプライマー	3
裏当て材	3
裏波溶接	3
裏はつり	3
裏溶接	3
上塗塗装	3
上向き姿勢	3

[え]

永久ひずみ	3
エキスパンションジョイント	3
エッチングプライマー	4
MIO塗料	4
L荷重	4
塩化ゴム系塗料	4
縁端距離	4
鉛丹さび止めペイント	4
エンドタブ	5

[お]

横 構	5
応力集中	5
おきゅう(お灸)	5
遅れ破壊	5
惜しみ	5
オーバーラップ	5
オープングレーチング	6
温度応力	6
温度変化の影響	6

[か]

開 先	7
回転法	7
ガウジング	7
荷重分配横げた	7
ガスガウジング	7
ガスシールドアーク溶接	7
ガス切断	7
型 板	8

[き]

片側添接	8
活線施工	8
加熱矯正法	8
壁高欄	8
カラーチェック	8
仮締ボルト	8
仮付け溶接	8
間接荷重	8
間接添接	8
貫通ゲージ	9

[き]

基準孔	9
軌条けた	9
脚 長	9
逆ひずみ	9
キャンバー	9
許容応力度	10
亀 裂	10
金属前処理塗料	10

[く]

くさび加熱法	10
クラック	10
グラビティ溶接	10
繰返し荷重	10
グリッドブラスト	10
クリップ	10
グループ溶接	10
グレーティング床版	11
黒 皮	11

黒皮ボルト	11
クローラクレーン	11
群集荷重	11

[け]

けがき	11
けた下空間	11
ケーブルクレーン	12
ケーブル式架設	12
ケレン	12
建築限界	12

[こ]

鋼床版	12
剛 性	12
高張力鋼	13
高張力ボルト	13
剛 度	13
交番応力	13
降伏点	13
高力ボルト	13
高力ボルト支圧接合	13
高力ボルト摩擦接合	14
後 熱	14
ゴム支承	14
ゴライアスクレーン	14

[さ]

さび止めペイント	15
サブマージアーク溶接	15
皿リベット	15

目 次

サンドル	15
残留応力	15
残留ひずみ	15
残留変形	15

[し]

仕上げボルト	16
支圧接合	16
シアプレート	16
下向き姿勢	16
趾(止)端	16
尻手	16
自動ガス切断機	16
自動溶接	16
しの	16
ジブクレーン	17
シャコ	17
シャックル	17
従荷重	17
従載荷荷重	17
主荷重	17
主載荷荷重	17
ショットブラスト	17
ジョープレート	17
ジンクリッチペイント	17
伸縮装置	18
伸縮継手	18
浸透探傷試験	18
シンプル	18

[す]

スカラップ	18
ストップホール	18

ストロングバック	18
スパッタ	18
スプライス	18
スラグ巻込み	19
スロット溶接	19

[せ]

静荷重	19
設計荷重	19
線状加熱法	19
全添接	19
せん溶接	19

[そ]

[た]

タールエポキシ樹脂塗料	20
炭酸ガスアーク溶接	20
断続溶接	20
端対傾構	20
ターンバックル	20

[ち]

千鳥リベット	20
超音波探傷試験	20

[つ]

対材	21
束木	21
束柱	21
突合せ継手	21

突合せ溶接	21
つり足場	21
つり天秤	21

[て]

T荷重	21
TIG処理	21
点加熱法	22
てん材	22
テンプレート	22

[と]

動荷重	22
特殊荷重	22
どぶづけ	22
トラフリブ	22
ドリフトピン	22
トルク係数値	23
トルク法	23
トルクレンチ	23

[な]

[に]

[ぬ]

[ね]

熱影響部	24
熱間加工	24

[の]

のど厚	24
-----	----

[は]

排水装置	25
パイロットホール	25
馬鹿棒	25
パス	25
端太角	25
はつり	25

[ひ]

ひずみとり	25
ピッチ	25
ピット	25
ビード	25
非破壊試験	26
疲労	26

[ふ]

フィラー	26
フィレット	26
フィンガージョイント	26
腹材	27
プライマー	27
ブラスト	27
フラットジャッキ	27
ブローホール	27
分配横げた	27

目次

[へ]

ベント 27

[ほ]

放射線透過試験 28

棒心 28

[ま]

マーキング 29

マクロ試験 29

まわし溶接 29

[み]

導板 29

耳げた 29

ミルスケール 29

[む]

無収縮モルタル 29

[め]

目板 30

[も]

モーメントプレート 30

[や]

やせ馬 31

柔 31

[ゆ]

Uボルト 31

[よ]

溶接金属 31

溶接欠陥 31

溶接ひずみ 31

横構 32

予熱 32

余盛り(溶接の) 32

[ち]

[り]

リーマー 33

リーミング 33

[る]

ルート 33

[れ]

レーシングバー 33

[ろ]

[わ]

われ(溶接部の) 34

〔あ〕

あいぶり↑ (相——) coordinated lifts by two cranes, tandem lifting

重量の大きなあるいは長さの長い部材*などをクレーンなど二つ以上のつり上げ機械装置でつること (図-1)。

アイドラ idler

ワイヤロープ*の方向を変えるために用いる滑車*。遊び車ともいう。

あいどり (合取り)

重量物を移動する場合、急激な移動を避けるため惜しみ*をとりながら移動させること。○惜しみ (p.5 図-1)。

アークエアガウジング arc air gouging

アーク熱と圧搾空気の力を利用したガウジング*のこと。○ガウジング。

アークスタッドようせつ↑ (——溶接) arc stud welding

ボルト、丸棒などの先端と母材との間にアークを発生させ、溶融池の中に押しつけて行う溶接方法で、合成げた*のスタッド*の溶接*に用いられる。アークスタッド溶接にはフラックス*などは使用せずにリング状のアークシールドが用いられる (図-4)。

アークストライク arc strike

アーク溶接*において、溶接*を始めるときに最初にアークを発生させること、または母材に瞬間的にアークを飛ばし直ちに切ること。アークを受けた部分は硬化すると同時に傷が生じて欠陥となるが、この傷をアークストライクと呼ぶこともある。

あさがお↑ (朝顔)

(1) 落下物防止のために設ける防護工の一種で、足場*などの側面に傾斜して突き出し配置した防護工 (図-5)。

(2) コンクリートの打設に際して、コンクリートを所定の場所に打設するために用いるじょうご状の器具。すなわち小型のホッパー (hopper)。

あてばん (当盤) holder, rivet holder, dolly

リベット*を締め付ける場合に用いる器具で、締め付けに際してリベットを固定するために既に成形されている側のリベット頭を押える金具。

あてもみ (当——)

リベット*孔やボルト孔の孔あけ方法の一つ。接合しようとする材片の相互孔の孔ずれをなくするため材片を重ね合わせて孔をあけること。一般に、一方に正規の直径の孔をあけ、これを基準として他方にあけられている直径の小さな孔を正規の直径の孔に拡孔する方法が用いられる。

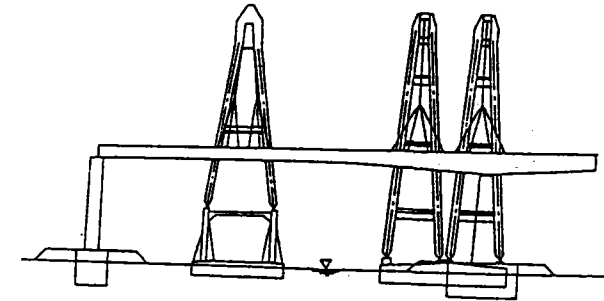


図-1 相ぶり

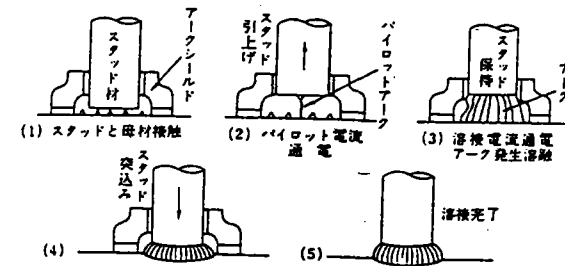


図-4 アークスタッド溶接の工程

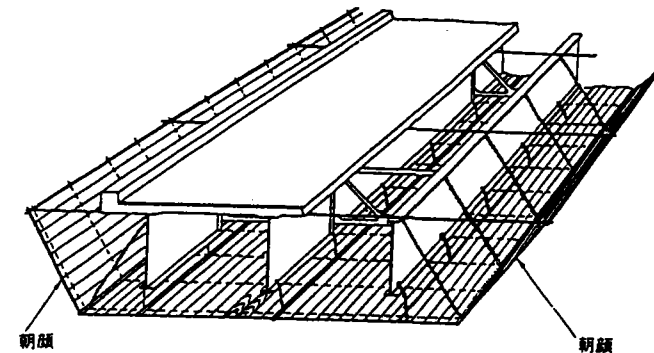


図-5 防護工

アルカリこつざいはんのう (—骨材反応) alkali-aggregate reaction

コンクリートまたはモルタル*において、セメントのアルカリと骨材*の中のアルカリと反応する成分とが化学的反應すること、コンクリートまたはモルタルがアルカリ骨材反応を起こすと、著しく膨張してひびわれを生じ、その強度が減ずる。

アングル angle, angle steel

断面形状がし形の形鋼*。橋りょうの二次部材*などに多用され、2辺の幅、厚さが等しい等辺山形鋼、厚さは等しいが幅が異なる不等辺山形、両者がともに異なる不等辺不等厚山形鋼がある。JIS* G 3192 に規格がある。

アンカーボルト† anchor bolt, stone bolt

支承*や鋼製橋脚をコンクリートの基礎に固定する場合に用いるボルトなど固定のために用いるボルトの総称 (図-3, 4)。

アンダーカット† under cut

溶接*の趾端*部の母材に生じる溝状のくぼんだ部分をいう。一般に溶接棒角度、および運棒速度の不適當や溶接電流が高すぎる場合に発生する。この部分には応力集中*が生じ、疲労強度が低下する (図-1)。

[い]

行ってこい† (行って来い)

とび用語で、ワイヤロープ*の一端を固定し、他方を前方の滑車*に繰り込んで折返し1往復させるワイヤロープの繰込み方法をいう (図-2)。

いどうかじゅう (移動荷重) moving load, travelling load

橋りょうの定まった個所に作用せず、任意の位置に作用する荷重*で、自動車などの活荷重*がその代表的なものである。橋りょうの設計においては、移動荷重は必ずしも橋りょうの全長に載荷せず、部材*に最も不利になるように載荷する必要がある。

いどうせいげんそうち† (移動制限装置) stopper for shifting of movable bearing

可動支承*において、不測の事態による上部構造*の過度の移動を防止するために設ける装置 (図-6)。

いもつぎ (—継ぎ) straight welding joint, butt welding joint

部材*を突合せ溶接*により接合すること。

インパクトレンチ† impact wrench

ボルトの締付けや取りはずしに用いる器具。圧縮空気を動力源とするエアインパクトレンチは主として仮締めボルト*用として用いられ、エアモーターで回転する回転子と回転子に慣性を与えるハンマーでスパナに衝撃回転力を与えボルトを締め付ける。このほか、小型で軽量の電動式のものやあらかじめ定めたトルクまで締め付けるトルクコントロール式のものがあ (図-5)。

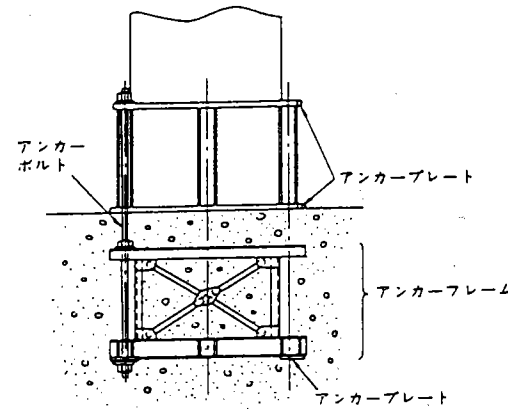


図-3 アンカーフレーム

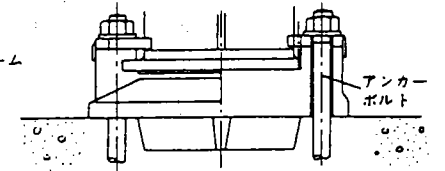


図-4 アンカーボルト(支承)

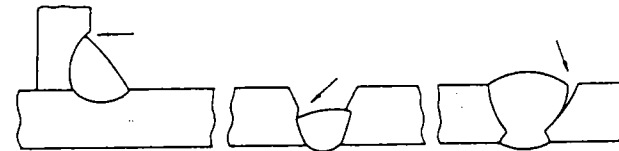


図-1 アンダーカット

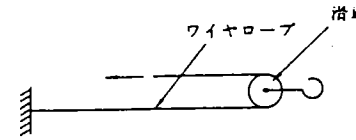


図-2 行って来い

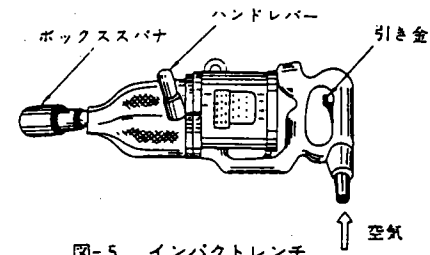
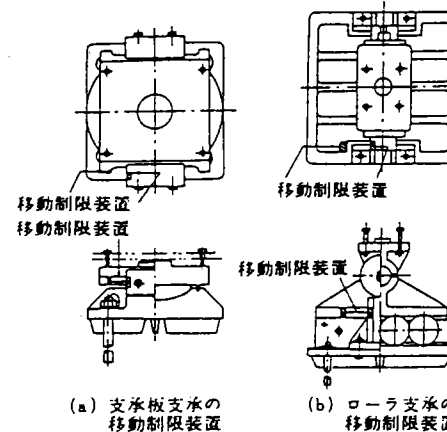


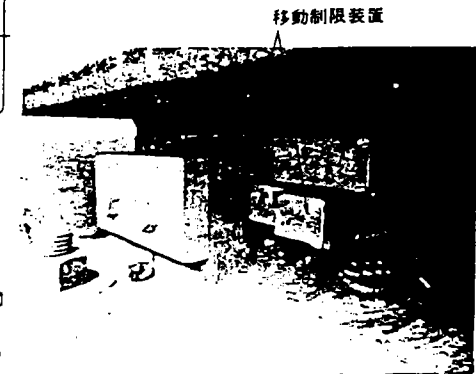
図-5 インパクトレンチ



(a) 支承板支承の移動制限装置

(b) ローラ支承の移動制限装置

図-6 移動制限装置



〔う〕

ウォッシュプライマー wash primer

エッチングプライマー*のこと。□エッチングプライマー。

うらあてざいけ(裏当て材) backing, backing strip

突合せ溶接*を片側から行う場合、溶けた金属を裏側から支えるために取り付ける帯状の材料。グラスファイバやフラックス*などを銅板により支持し、裏波を出そうとする場合と、銅板を用いてルート*部の母材とともに溶け込ませる場合とがある。前者のソフトバックキング(可撓性裏当て材)、後者を裏当て金と呼んで区別することがある(図-4)。

うらなみようせつ(裏波溶接) URANAMI welding

構造上裏側から溶接*ができないか、裏返すことが困難な部材*の突合せ接合部に片側から溶接を行い、表面張力を利用して裏側に欠陥のないなめらかなビード*を形成する溶接方法。ソフトバックキングを使用する方法もあり、鋼床版*のデッキプレート*の現場突合せ溶接*などで行われている。

うらはつり(裏—) back gouging, back chipping

突合せ溶接*で、片面溶接後、裏溶接*に先立って開先*底部の不良部分あるいは第1層部分を裏面からはつり*とること。

うらようせつ(裏溶接) back run

片面グループ溶接で、表面を溶接*した後に裏側から行う溶接。

うわぬりとそう(上塗塗装) top coat painting

鋼橋*の塗装*は、一般にプライマー*、下塗*、中塗*、上塗の工程で行われる。上塗塗装は最上部に行われるもので、耐曝露性など外的な条件に抵抗する、必要な色調など美観を向上するなどを主な目的とする(表-1)。

うわむきしせい(上向き姿勢) overhead position

溶接線がほぼ水平な継手*に対し、下方から上を向いて行う溶接姿勢。この姿勢により施工する溶接*を上向き溶接*ということがある。

□下向き姿勢(P.16 図-1)。

〔え〕

えいきゅうひずみ(永久—) permanent strain, permanent set

残留ひずみ*のこと。□残留ひずみ。

エキスパンションジョイント expansion joint

伸縮継手、伸縮装置*のこと。□伸縮継手、伸縮装置。

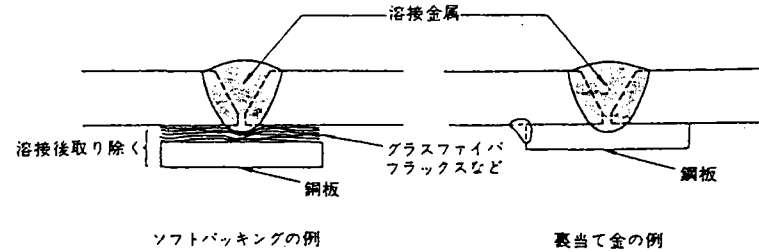


図-4 裏当て材

表-1 鋼橋の外面塗装の例

塗装系	前処理			工場塗装				間隔	現場塗装					
	素地調整	1次プライマ	間隔	下塗り	間隔	下塗り	間隔		下塗り	下塗り	間隔	中塗り	間隔	上塗り
A	1			鉛丹錆止のペイント1種 250g/m ²	2日	鉛丹錆止のペイント2種 220g/m ²			6 か 月 以 内			長油性フタル酸樹脂中塗り塗料 120g/m ²	2日	長油性フタル酸樹脂上塗り塗料 110g/m ²
	2	原板プラスチックを行う場合は1次プライマを塗布する。	1日	鉛系錆止のペイント1種 170g/m ²	10日	鉛系錆止のペイント1種 170g/m ²				鉛系錆止のペイント1種 140g/m ²	2日			10日
	3	長寿命エッチングプライマ 130g/m ²	3か月	鉛系錆止のペイント1種 170g/m ²	2日	鉛系錆止のペイント1種 170g/m ²	2日	フェノールMIO塗料 300g/m ²	12 か 月 以 内			長油性フタル酸樹脂中塗り塗料 120g/m ²		
B	1			ジンクリッチプライマ 200g/m ²	2日	ジンクリッチプライマ 200g/m ²	2日	塩化ゴム系下塗り塗料 250g/m ²				塩化ゴム系中塗り塗料 170g/m ²	1日	塩化ゴム系上塗り塗料 150g/m ²
	2			ジンクリッチプライマ 200g/m ²	3日	ジンクリッチプライマ 200g/m ²	3日	塩化ゴム系下塗り塗料 250g/m ²				塩化ゴム系中塗り塗料 170g/m ²	10日	

* A: 環境の腐食因子の強くない地域 B: 海岸地域や重化学工業地域など環境の腐食因子の強い地域

エッチングプライマー etching primer

ブチラール樹脂、クロム酸塩、りん酸を主成分とする塗料。りん酸が素地金属と反応してりん酸塩被膜を形成し密着性を与える、さらに、りん酸塩被膜とブチラール樹脂が化合して密着性のよい被膜を形成するなどの特徴を有し、鋼材の1次プライマーとして使用される。短ばく形(1種)と長ばく形(2種)とがある。ウォッシュプライマー、金属前処理塗料とも呼ばれる。JIS・K 5633に規格がある。

エムアイオーとりょう (MIO 塗料) MIO paint

鋼材用の塗料の一つ。MIOはmicaceous iron oxideの略で、天然の鉱石から得られる酸化鉄で、りん片状あるいはうんも状のものである。ビヒクルにはフェノール樹脂が用いられることが多く、MIOは塗膜の内部で重なり合う状態で存在する。海外では上塗塗料にも用いられるが、わが国では中塗塗料として用いられる。

エルかじゅう† (L 荷重) L-load, L-loadings

道路橋示方書*に規定された活荷重*のうち、主げた*の設計に用いられる自動車荷重。運行した自動車をモデル化したもので、橋の幅5.5mまでは線荷重(P)と等分布荷重(p)からなる主載荷荷重を負載し、残りの部分には主載荷荷重の1/2である従載荷荷重を負載する(表-1)。

えんかゴムけいとりょう (塩化—系塗料) chlorinated rubber paint (coating)

塩素化樹脂(塩化ゴム、塩化ポリプロピレン、塩化ポリエチレンなど)をビヒクルとし、それに防錆顔料あるいは着色顔料を配合した塗料。溶剤が蒸発すると造膜する揮発乾燥型塗料で速乾性である。はけ塗作業性がやや劣るが、耐水性、耐酸性、耐アルカリ性に優れ、過酷な環境用の塗料として用いられる。

えんたんきょり† (縁端距離) edge distance

1) ボルトやリベット孔から板の縁端までの距離。この距離が小さいとボルト(リベット)の接合強度以下の力で縁端部が破断するおそれがあり、道路橋示方書*には孔の中心から縁端までの最小距離が規定されている(表-2)。

2) 橋台*や橋脚*の橋座*面の支承*の前面縁端と橋座縁端までの距離。この距離が小さいと地震時の力によって橋座面が破損するおそれがあり、道路橋示方書*にはその最小値が規定されている(図-1)。

えんたんさびどめペイント (鉛丹—止め—) red-lead anticorrosive paint (coating)

四三酸化鉛(Pb₃O₄)とリサージ(PbO)を成分とする鉛丹を防錆顔料とし、ボイル油と練り合せた赤橙色の塗料。種別としては油分として乾性油だけを使用した一種と合成樹脂を少量配合して速乾性、耐候性をよくした二種があり、JIS K-5622に規格されている。鋼橋*の下塗塗料として用いられる。

表-1 L 荷重

橋の等級	荷重	主載荷荷重 (幅5.5m)			従載荷荷重 主載荷荷重の50%
		線荷重 P(kg/m)	等分布荷重 p (kg/m ²)		
			L ≤ 80	80 < L ≤ 130	
1 等橋	L-20	5 000	350	430-L	300
2 等橋	L-14	1 等橋の70%			

L: 支間長(m)

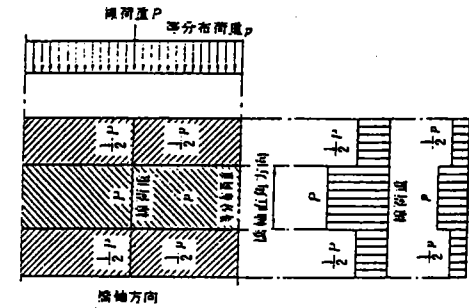


表-2 ボルト(リベット)孔の中心から板の縁までの最小距離(mm)(道路橋示方書)

ボルトの呼び	最小縁端距離 e	
	せん断 手動ガス切断縁	圧延縁、仕上げ縁 自動ガス切断縁
M24	42	37
M22	37	32
M20	32	28

縁端距離

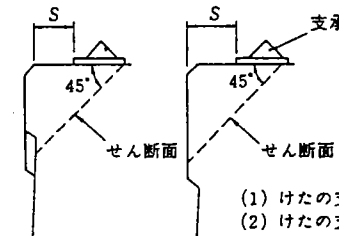
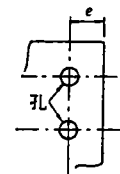


図-1 橋座の縁端距離

- (1) けたの支間長100m以下: $S \geq 20 + 0.5l$
- (2) けたの支間長100m以上: $S \geq 30 + 0.4l$

エンドタブ† end tab

アーク溶接*では、その始端部においてアークが不安定なため、溶込み不足やブローホール*などの欠陥が発生しやすく、また終端部においてはクレータ(凹み)が生じ、その中でピット*やわれ*などの欠陥が生じやすい。これらを防ぐために溶接継手*の前後に補助材を溶接*して取り付け、その上で溶接を開始、終了することにより、始終端部を溶接線に残さない方法があり、その補助材をエンドタブと呼ぶ。エンドタブは溶接後取りのぞき、端面は仕上げなければならない(図-3)。

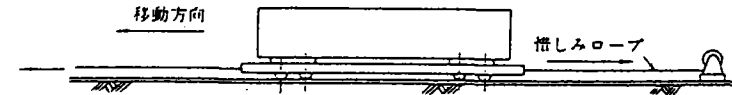


図-1 吊り

〔お〕

おうこう(横構) lateral bracing, lateral

ひよこう(横構)。

おうりょくしゅうちゅう†(応力集中) stress concentration, concentration of stress

断面の急変、クラックなど欠陥の存在、材質の急変、局部的な力の作用などによって、局部的に大きな応力*が生じること。すなわち、応力の分布に片寄りが生ずること。また、応力集中が生じた断面において、それを考慮しないで計算される平均応力に対する応力集中による最大応力の比を応力集中係数(factor of stress concentration)あるいは形状係数(shape factor)という(図-2)。

おきゅう(お灸) spot heat method (of flame straightening)

ひよ加熱法。

おくれはかい(遅れ破壊) delayed failure

ボルトなどに静的な引張力が作用している場合、ある時間の経過後に突然破壊する現象。高力ボルト*、PC鋼材*、高張力タイロッドなど引張強さの大きな高張力鋼*に生じやすく、その破壊は脆性である。一般的には、引張強さが大きな材料ほど生じやすく、応力集中*の状態や使用環境の影響も大きい。静的疲れ破壊、継続荷重破壊ともいう。

おしみ†(惜しみ)

けた*などの重量物をウインチ*などで引張って移動させる場合、背後からロープで移動方向と反対方向に引張り、移動させるに伴って徐々にゆるめ、重量物の急激な移動を防ぐことをいう。また、このロープを惜しみ綱、惜しみロープという(図-1)。

オーバーラップ† overlap

溶接金属*の趾端*部が母材と融合しないで重なった状態(図-4)をいい、すみ肉溶接*の場合に起こりやすい。応力集中*、腐食の促進などの原因となる。一般に溶接電流が低すぎる場合に生じる。

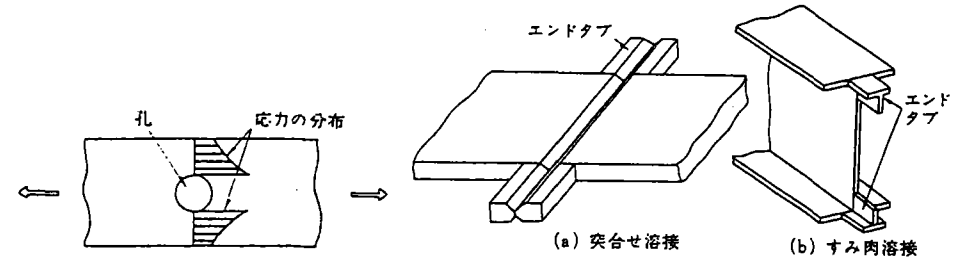


図-2 応力集中

図-3 エンドタブの例

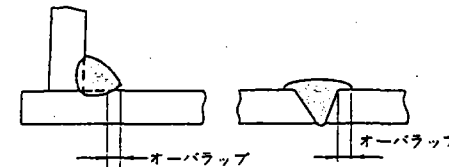


図-4 オーバラップ

オーブングレーチング† open grating

I形鋼^{*}、平鋼、ツイストバーなどを格子状に組んだ開床式の床材。溝蓋、検査路など通路の床などに用いられる。また、橋りょうにおいては検査路の床のほか、床版^{*}重量の軽減を図る場合やつり橋^{*}で耐風安定性を向上させるために開床とする場合などの床版に用いられる（図-3）、○グレーチング床版（P.11 図-1）。

おんどおうりよく（温度応力） thermal stress, temperature stress

自由な伸縮を拘束された部材が、温度変化または部材内の温度差を受けたときに生じる応力。

おんどへんかのえいきょう（温度変化の影響） effect of temperature change

温度変化または部材内（部材間）の温度差によって部材に生じる影響。橋りょうを設計する場合に考慮する荷重の一つ。鋼橋の場合、温度変化の範囲は、道路橋では -10°C ～ $+50^{\circ}\text{C}$ （寒冷地 -30°C ～ $+50^{\circ}\text{C}$ ）、鉄道橋では最高と最低の温度差を 80°C としている。また、部材内（部材間）での温度差は、道路橋および鉄道橋ともに 15°C としている。コンクリート橋の場合は、一般に構造物は一樣に温度の昇降があるものとし、温度変化の範囲を $+15^{\circ}\text{C}$ を標準とし、断面の最小寸法が70 cm以上の場合には $\pm 10^{\circ}\text{C}$ としている。

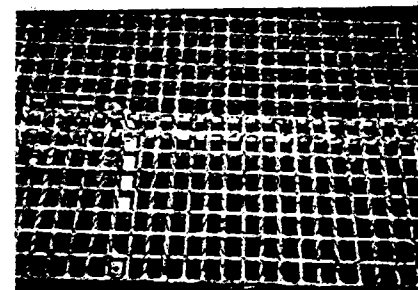


図-3 オーブングレーチング

〔か〕

かいさき† (開先) groove

良好な溶接*を行うため、溶接する母材の接合端に加工して作ったみぞ。溶接方法や溶接しようとする母材の板厚に応じて各種の形状のものが用いられる。グループともいう (図-1)。

かいてんほう† (回転法) turn-of-nut (tightening) method

鋼部材の継手*に用いる高力ボルト接合における高力ボルト*の導入軸力の管理方法の一つ。高力ボルトへの軸力の導入は一般にナットを回転することによって行われるが、導入される軸力がナットの回転した角度に比例することを利用して、締付け時のナットの回転角を測定することによって導入軸力を管理する方法。回転角法ともいう (図-2)。

ガウジング gouging

鋼材表面に溝を掘ることで、はつりともいう。開先*加工、突合せ溶接*の裏はつり*、溶接欠陥*の除去などを目的として行われる。アセチレン炎と酸素を用いるガスガウジング*と、アーク熱により鋼を溶かし、圧搾空気により吹き飛ばすアークエアガウジング*とがある。

かじゅうぶんばいよこげた (荷重分配横——) cross beam for load distribution

けた*を並列した構造物において、荷重*による力を各けたに分配して支持するために設ける横げた*。分配横げたともいう。

ガスガウジング gas gouging

アセチレンガスと酸素を用いて行うガウジング*。原理はガス切断*と同じである。□ガウジング。

ガスシールドアークようせつ (——溶接) gas metal arc welding

炭酸ガス、アルゴンなどのガスにより、アークおよび溶着金属*を大気からしゃへいしながら行う溶接*方法で、一般に半自動溶接*として用いられる。使用するシールドガスにより、炭酸ガスアーク溶接*、ミグ (MIG) 溶接*、マグ (MAG) 溶接*などの種類がある。

ガスせつだん (——切断) gas cutting

鋼材をアセチレンなどにより燃焼温度 (約 1,350°C) まで加熱し、高圧酸素を吹き付けると鋼材は酸化鉄となって溶融し、吹き飛ばされる。これにより鋼材を切断する方法をガス切断という。ガス切断の装置は、切断トーチ (火口)、酸素および燃焼ガス用のホース、圧力調整装置およびガスボンベからなるのが普通である。

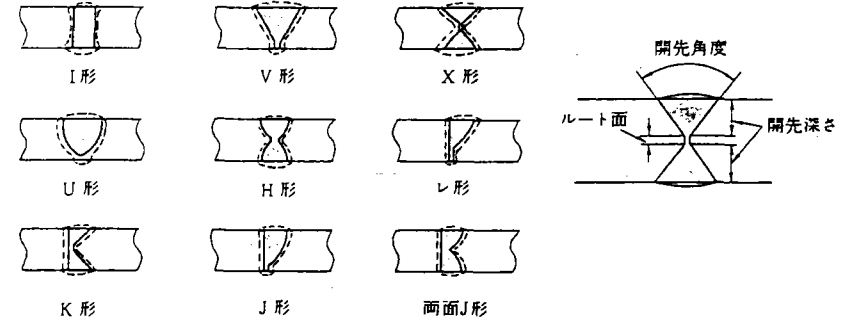


図-1 開先形状

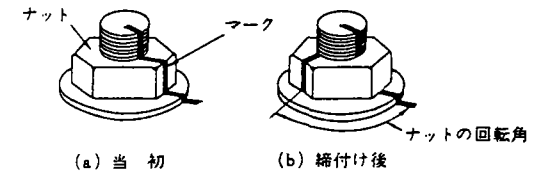


図-1 回転法

かたいた (型板) template

鋼板上にけがき*するために、現寸*作業時に作られるもので、0.2 mm 前後の薄鉄板や塩化ビニールフィルムが用いられる。この上に外形線、孔、部材取付け位置などを印し、これを鋼板上に写し取る。ガセット*、スプライス*など小物部材、形状の複雑なものに利用される。NC*自動作画機によって作成される場合もある。

かたがわてんせつ (片側添接) butt joint with single splice plate

添接法の一つで、片側から添接板*をあてて添接*すること。□添接 (図-1)。

かっせんせこう (活線施工) work in intercepted track

鉄道橋*の架替え工事などにおいて、列車運転間合または線路閉鎖間合に工事を行うことをいう。施工時間に制約を受けるため、一般には横取り*による架替え工法が用いられる。鉄道橋の架替え工事の施工法には活線施工のほか、仮線または別線施工がある。

かねつきようせいほう (加熱矯正法) flame straightening

溶接*により生じた鋼板あるいは鋼部材のひずみを取り除く方法の一つ。ガス炎により局部的に加熱、水冷することにより収縮を生じさせ、変形を矯正するもので、ガス炎矯正法ともいう。対象とする部材形状、変形の種類により加熱方法が異なり、点加熱法*(点焼き法、お灸)、線状加熱法*、くさび加熱法*などが用いられている。

かべこうらん† (壁高欄) concrete barrier curb (parapet)

自動車が道路から逸脱するのを防止するために設ける自動車防護柵の一種で、鉄筋コンクリート*構造の連続した壁状のもの。主として高速道路などの自動車専用道の橋に用いられる (図-2)。

カラーチェック liquid penetrant testing

浸透探傷試験*のこと。□浸透探傷試験。

かりじめボルト (仮締) erection bolt, fitting-up bolt

橋りょうなどの鋼構造物の架設*において、部材*を組み立てるために一時的に締め付けるボルト。

かりづけようせつ (仮付け溶接) tack weld

溶接*の施工において、部材を組み立てるために、本溶接に先立って行う溶接。

かんせつかじゅう† (間接荷重) indirect load

構造物のある部分 (部材*) において、それに直接作用せず、他の部材を経由して力が作用する荷重*をその部分 (部材) に対して間接荷重であるという。たとえば、トラス橋*では路面に作用する荷重は一般に縦げた*および横げた*を経由してトラス格点*に作用する。この場合トラスを構成する部材に対して路面に作用する荷重は間接荷重となる。

以上に対し直接作用する荷重を直接荷重という (図-4)。

かんせつてんせつ† (間接添接) indirect splice

添接*しようとする材片に添接板*を直接当てず、材片と添接板の間にほかの板が入っている添接。リベット継手*の間接添接においては、板を1枚へだてるごとに設計計算で得られたリベット*本数に対して30%増のリベットを配置する (図-3)。

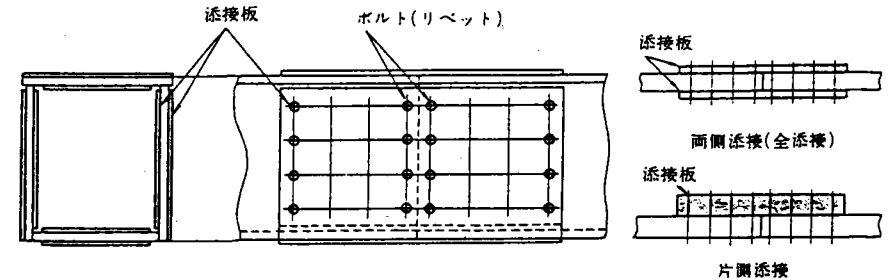


図-1 添接

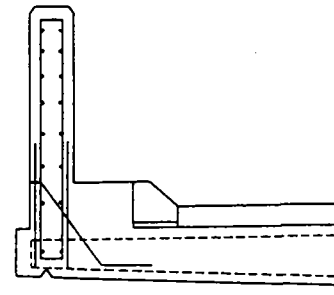


図-2 壁高欄

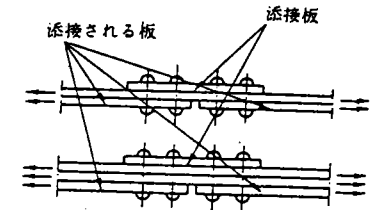


図-3 間接添接

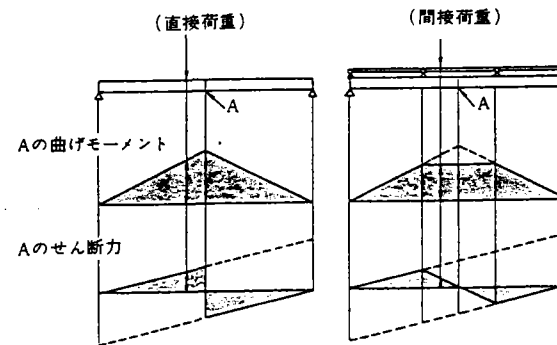


図-4 けたの影響線

かんつうゲージ† (貫通——) through gauge

ボルトやリベット継手*において、孔の径や接合する材片の孔のずれなど孔の精度を検査する器具。貫通ゲージは、所定の孔の径より小さく仕上げた鋼棒で、それを接合部の孔に差し込み、それが貫通するかどうかで孔の精度を検査する。総差込み回数に対する貫通した回数の比 (貫通率) で孔の精度を表わす。これに対し、所定の孔の径より大きく仕上げたものを停止ゲージといい、同様の操作で貫通しない (停止する) かどうかで検査し、停止する比率 (停止率) で孔の精度を表示する。道路橋*に対しては、道路橋示方書*にボルト孔およびリベット孔について規定されており、表-2 はボルト孔の径、表-3 は両ゲージの径、貫通率、停止率を示したものである。

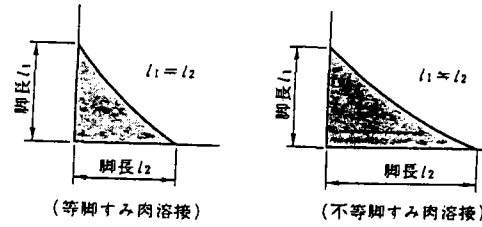


図-1 脚長

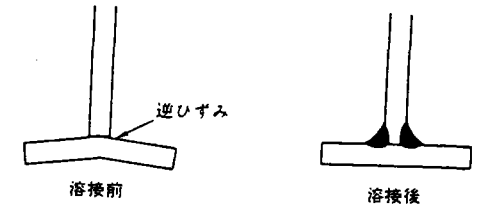


図-2 逆ひずみ

〔き〕

きじゅんあな (基準孔) pilot hole

鋼橋*など鋼構造物の組立に際しては、部材*を所定の位置に組立てるために、部材の接合部のボルト (リベット*) 孔にドリフトピン*が打込まれる。鋼構造物の組立て精度はこの孔の精度に左右されるため、あらかじめドリフトピンを打込む孔を定める場合が多い。この孔を基準孔という。基準孔は接合部の孔の群の中に平均的に配置すると同時に、孔径や孔ずれに対して高い精度が要求される。このため現場組立てに先立って行われる仮組時に当もみ*によって孔あけするのが一般的である。パイロットホールともいう。

きじょうけた† (軌条——) rail girder

古レールを数本組み合わせたけた*であり、支間*5 m 以下の応急復旧げたや工事用のけたとして使用される。まくらぎの下から受ける敷込み式とまくらぎの上からつる上づり式とがある (図-3)。最近では運搬、組立、現場架設が便利なように特別に設計された工事げたが普及しており、工事用としての軌条げたの使用例は少なくなっている。

きやくちょう† (脚長) leg length, size

すみ肉溶接*において、溶接*した材片に接する溶接金属*の辺の長さ、設計図には一般にこの寸法を記入する (図-1)。

ぎやくひずみ† (逆——) preset distortion

溶接ひずみの防止法の一つ。溶接ひずみによる変形を予想し、あらかじめ逆方向の変形をプレスなどにより与えておき、最終的にひずみのない製品を得ようとする方法、あるいは逆方向の変形そのものをいう (図-2)。

キャンバー camber

橋げたは、けた*の自重および付属物の重量によってたわみ*を生ずる。このため、工場で製作する場合、このたわみを考慮してあらかじめそりをつけておく。これをキャンバーと呼ぶ。鉄道橋*では、死荷重によるたわみの外に列車荷重によるたわみの一部もキャンバーに含めている。



図-3 軌条げた

表-2 ボルト孔の径

ボルトの呼び (mm)	ボルト孔の径 (mm)	
	摩擦接合	支圧接合
M20	22.5	21.5
M22	24.5	23.5
M24	26.5	25.5

表-3 ボルト孔の貫通率および停止率

	ボルトの呼び (mm)	貫通ゲージの径 (mm)	貫通率 (%)	停止ゲージの径 (mm)	停止率 (%)
摩擦接合	M20	21.0	100	23.0	80以上
	M22	23.0	100	25.0	80以上
	M24	25.0	100	27.0	80以上
支圧接合	M20	20.7	100	21.8	100
	M22	22.7	100	23.8	100
	M24	24.7	100	25.8	100

きょうおうりょくど (許容応力度) allowable stress

設計において許される応力度の限界値。一般に部材の破壊などが生じる応力度を安全率で割った値で与えられる。

きれつ (亀裂) crack, cracking

内部応力・外部の衝撃、疲労または環境の影響などを受けて材料に生ずるひびわれ。クラック、割れともいう。

きんぞくまえしよとりょう (金属前処理塗料) etching primer, wash primer

エッチングプライマーのこと。○エッチングプライマー。

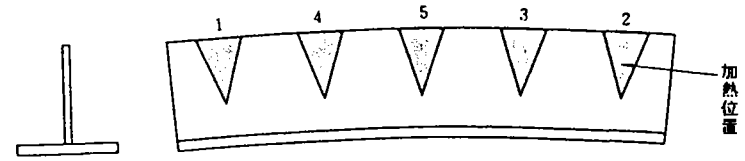


図-2 くさび加熱法によるT形部材の矯正(数字は加熱順序)

[<]

くさびかねつほう† (—加熱法) vee heat method (of flame straightening)

加熱矯正法により溶接ひずみを除去する場合に、くさび状に加熱する方法をいう。主として部材の曲がり変形の矯正に用いられる (図-2)。○加熱矯正法。

クラック crack

きれつ*のこと。

グラビティようせつ† (—溶接) gravity welding

被覆アーク溶接法の一種。図-5に示すような三脚状の台を用い、ホルダーが溶接棒の溶融に従って重力によりガイドバー上をスライドすることにより自動的に溶接するので、一種の半自動的溶接である。重力式溶接ともいう (図-1)。

くりかえしかじゅう (繰返し荷重) repeated load

構造物に連続的あるいは断続的に繰返して作用する荷重。橋りょうに対する自動車荷重や列車荷重がその代表的なもので、その繰返し回数や大きさが疲労破壊に大きな影響を有する。

グリッドブラスト grid blasting

ブラストの一種。研掃材粒子として鋼砕粒を用いたもの (スチールグリッド)。このほか植物の実や種子の粉碎粒を用いるもの (ソフトグリッド) もある。○ブラスト。

クリップ† clip

ワイヤロープやメタルフォームなどを留める金具の総称。ワイヤクリップはワイヤロープの端部を輪にして留める (アイスプライス) 場合に多用され、JIS B 2809に規定がある (図-4)。

グループようせつ (—溶接) groove weld

溶接しようとする材片の接合端に開先を設けて行う溶接。開先溶接ともいう。○開先。

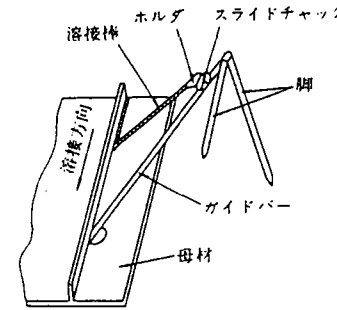


図-1 グラビティ溶接

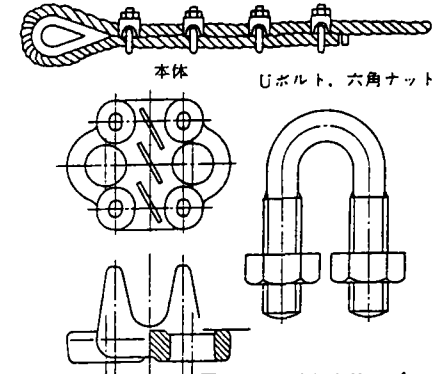


図-4 ワイヤクリップ

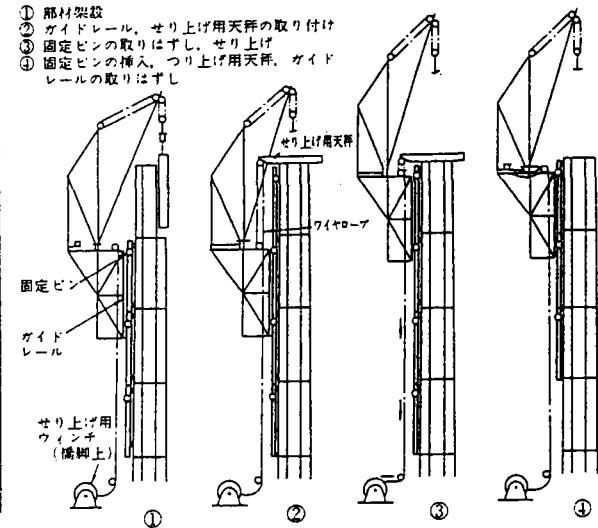


図-5 クリーパークレーン セリ上げ方法の例

グレーチングしょうばん† (—床版) grating floor

I形鋼*, 平鋼, 鉄筋*などを格子状に組んだ床版*. I形鋼と鉄筋を格子状に組み, これとコンクリートとを一体化させたI形鋼格子床版*のほか, コンクリートを用いずつり橋*の耐風安定性を向上させるために開床構造とする場合や簡易な橋りょうの床に用いる開床式のオープングレーチング*床版がある (図-1).

くろかわ (黒皮) mill scale

○ミルスケール.

くろかわボルト (黒皮—) rough bolt

頭部, 軸部ともに切削仕上げせず, 圧延した状態のままのボルト. ○仕上げボルト.

クローラークレーン† crawler crane

クローラーあるいはキャタピラー (caterpillar) と呼ばれる無限軌道を走行形式とする車体上にクレーン装置を搭載した形式の自走式クレーン. トラッククレーンに比較して車体重量が軽く, 接地圧も小さく, また, 無限軌道であることから軟弱な地盤上での作業も可能である. 荷をつり上げた状態で移動できる特徴があるが, 一般路上の自走は路面の損傷の面で難があり, 遠距離輸送はトレーラーによって行われる (図-2).

ぐんしゅうかじゅう† (群集荷重) sidewalk live load, sidewalk loading

歩道など (歩道, 自転車道および自転車歩行者道) を持つ橋の設計において, 歩道などに負載する等分布荷重. 昭和13年以前の示方書では群集荷重と呼んでいたが, 現在でも慣用的にこの名称が用いられることがある (表-1).

〔け〕

けがき marking

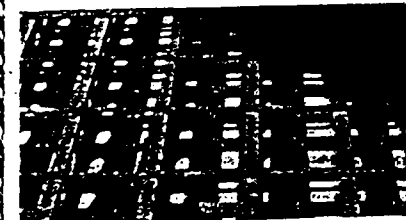
野書. 鋼材の表面に切断線, 仕上げ線およびボルト孔の位置など切断, 加工, 溶接*, 組立に必要な事項を記入する作業をけがきといい, 記入された線および記号をけい線という. けがきは原寸作業により得られた定規*, 型板*を用いて行うのが一般的であるが, 簡単なものは製作図の寸法から直接スチールテープを用いて鋼板上に書く場合もあり, また数値情報をもとにコンピューターを利用してNC* けがき機で直接鋼板上にけがきを行うこともある.

けたしたくうかん (—下空間) clear headway under girder

橋のけた*など上部構造*の下側の空間をいう. 河川を渡る橋では河川の計画高水位, 海上などの橋では航路限界, こ道橋やこ線橋ではそれぞれ下側を通る道路や鉄道の建築限界があり, けた下空間はこれらを考慮して定めなければならない. けた下クリアランスともいう.



(a) オープングレーチング



(b) I形鋼格子床版(コンクリート打設前の状態)

図-1 グレーチング床版

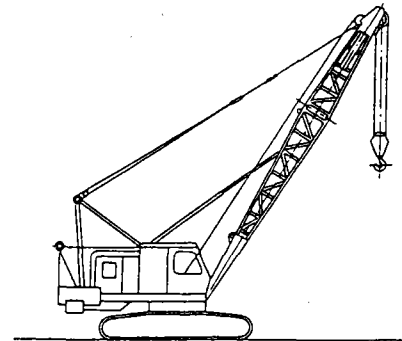


図-2 クローラークレーン

表-1 歩道等に負載する等分布荷重

支間長 (m)	$L \leq 80$	$80 < L \leq 130$	$L > 130$
荷重 (kg/m ²)	350	430 - L	300

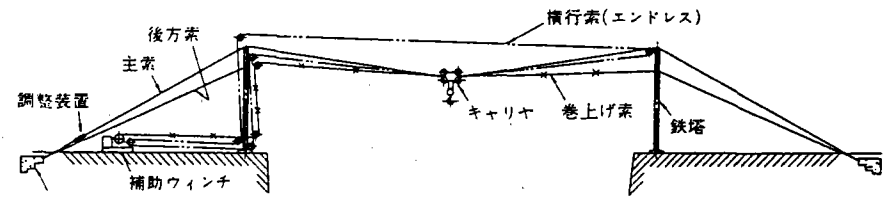


図-3 ケーブルクレーン

ケーブルクレーン† cable crane

2本の塔の間に鋼索を張り渡し、その上をキャリアが横行して荷物などを運搬する設備。主索は荷重*を支持する役目をなし、横行索はキャリアの横移動、巻上げ索は荷物などの上下移動の役目をする。深い谷などで橋りょう架設において部材の運搬設備としてしばしば用いられる (p.11 図-3)。

ケーブルしきかせ† (一式架設) cable erection

深い谷や急流の河川などで足場*の設置が困難な場合に、两岸に建てた塔からケーブルを張り、それで橋体を支持する架設法。ケーブル*からのつり方によって二つの方法がある。一つは塔と塔の間に張り渡したケーブルからハンガー*をつり下げ、それによってほぼ鉛直方向に橋体をつる直づり工法で、他の一つは塔から斜めに張ったケーブルで直接橋体をつる斜づり工法である (図-2)。

ケレン cleaning

素地調整*のこと。英語のクリーニング (cleaning) が転化してこのように呼ばれる。

けんちくげんかい† (建築限界) construction gauges

列車や自動車などが安全に走行できるように必要な空間を示すもので、建築限界内には構造物を建造することはできない。道路や鉄道上に架橋する場合は、建築限界を十分に考慮する必要がある。鉄道の建築限界は、車両のどの部分もこの限界内になければならないとされた車両限界に車両の動揺、軌道のくるいなどを付加して定められている (図-1)。道路の建築限界は道路構造令に規定されている。橋りょうのように幅が制限されている構造物の場合には、架設誤差や将来の保守などを考慮して、ある程度建築限界に対して余裕をとったほうがよい場合がある。

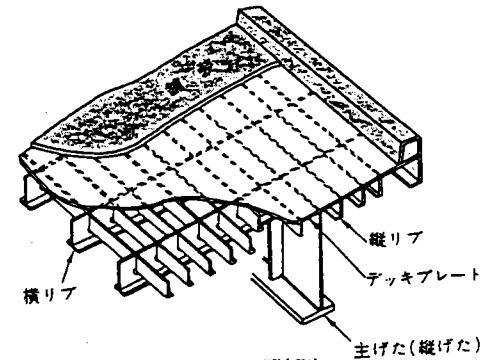
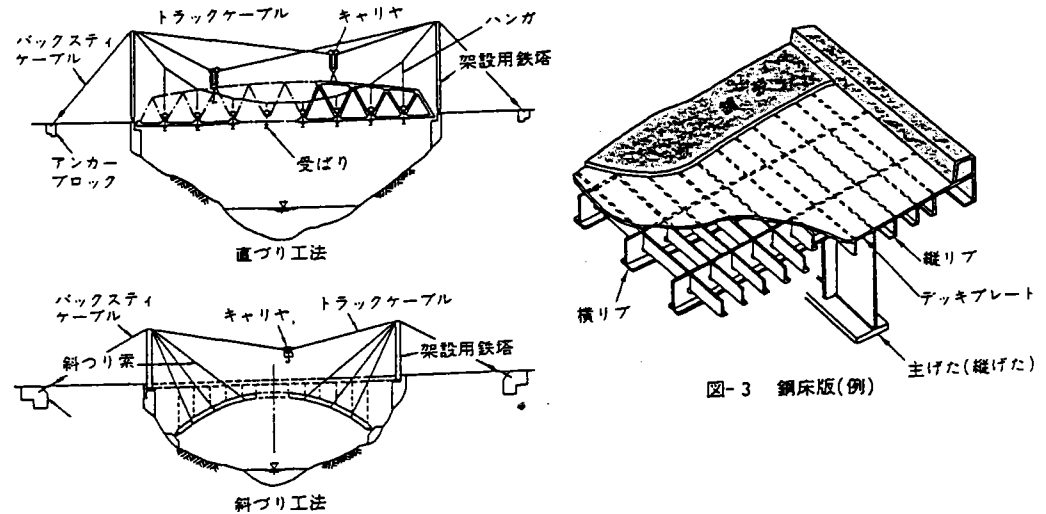
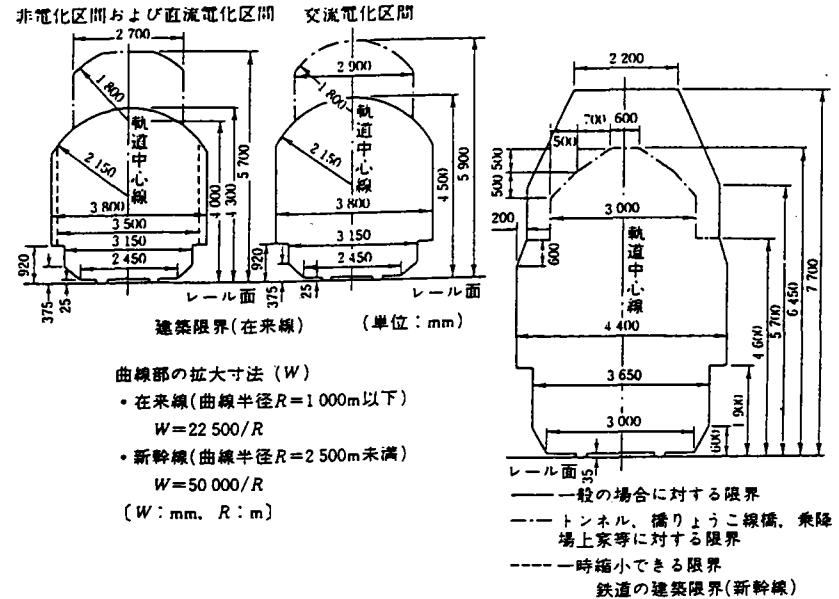
〔二〕

こうしょうばん† (鋼床版) steel plate deck, steel plate floor, deck plate floor

床版*の一種で、縦方向および横方向にリブ* (縦リブ*および横リブ*) で補強した鋼板を用いた床版。コンクリート製の床版にくらべて軽量であることから長大橋に用いられる。鋼床版は橋の床として用いられる場合と、床としてのほか主げた*の上フランジ*としての作用を兼ねさせる場合とがある (図-3)。

こうせい (剛性) rigidity, stiffness

変形の度合いを示す性質をいい、変形しにくいことを剛性が大きい、変形しやすいことを剛性が小さいという。材料の剛性は一般に弾性係数*で示すことができ、伸びに対するヤング係数*、ずれに対するせん断弾性係数がある。また、部材*においては曲げ剛性、伸び剛性、ねじれ剛性があり、これらは部材の長さのほか断面の性能が関係する。断面性能として、曲げ剛性はヤング係数と断面二次モーメント*との積 (EI)、伸び剛性はヤ



ング係数と断面積との積 (EA)、ねじり剛性はねじり定数があり、これらと長さで剛性の度合いを表示することができ、これを部材の剛度という。また、構造物においてある基準の剛度を定め、これに対する各部材の剛度の比を剛比という。

こうちよりよくこう (高張力鋼) high tensile steel, high tensile strength steel

軟鋼*に比べて引張強さの大きな鋼。一般に引張強さ 50 kg/mm^2 以上、降伏点* 30 kg/mm^2 以上の鋼をいう。軟鋼の炭素量を増した高炭素鋼、合金元素を添加した非調質鋼(合金鋼)、熱処理した調質鋼*(熱処理鋼)がある。

こうちよりよくボルト (高張力——) high strength bolt, high tensile bolt

高力ボルト*のこと。□高力ボルト。

こうど (剛度) stiffness

□剛性。

こうばんおうりよく (交番応力) alternating stress

荷重*によって生じる応力*が、圧縮になったり引張りになったりする場合に、その応力を交番応力という。なお、この交番応力を受ける部材を交番応力部材といい、トラス橋*の支間*中央付近の斜材*などがこれにあたる。交番応力部材は、設計時に引張り、圧縮の各応力に対して抵抗できる断面とする必要がある。

こうふくてん (降伏点) yield point

軟鋼*が降伏するときの応力*のこと。軟鋼の試験片に弾性限度以上の引張荷重を加えるとある点 Y_u で試験片内部にすべりが生じ、 Y_l の応力まで降下後、ほぼ定応力下で変形が増加する。 Y_u を上降伏点、 Y_l を下降伏点と称するが、上降伏点が試験片や試験条件によって変動し不安定であるのに対して下降伏点はほぼ一定であることから、一般には下降伏点のことを降伏点という。これに対して高張力鋼*では明瞭な降伏点が認められないため 0.2% の永久ひずみが生じる応力を 0.2% 耐力と呼び、この値を設計上降伏点とする場合が多い (図-5)。

こうりよくボルト† (高力——) high strength bolt, high tensile bolt

高強度鋼を用いたボルト。橋に用いられる高力ボルトには鋼部材の接合用の摩擦接合*用と支圧接合*用の二つがあり、作業性がよいことから鋼部材の現場接合の大部分には、リベット*に代わって摩擦接合用高力ボルト*が用いられる。JIS* B 1186 に摩擦接合用高力ボルトの規格がある。英語名からハイテンボルトと俗称することもある (表-1)。

こうりよくボルトしあつせつこう (高力——支圧接合) bearing connection with high strength bolts

高力ボルト*を用いた支圧接合*。道路橋*に使用する高力ボルトは日本道路協会の「支圧接合用打込み式高力ボルト、六角ナット、平座金暫定規格」に規格され、機械的性質によって B 8 T と B 10 T がある。ボルト 1 本あたりの許容力 (伝達力) は高力ボルト摩擦接合*より大きく有利であるが、ボルト孔により厳しい精度が要求されるため特殊な場合にしか用いられていない。□支圧接合。

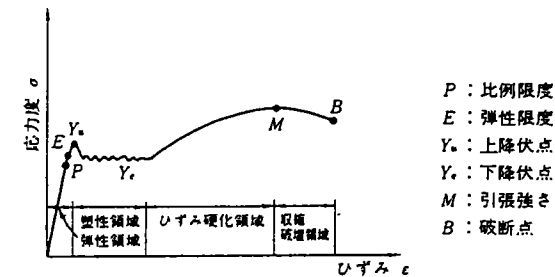
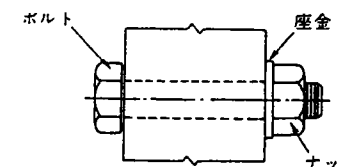


図-5 応力-ひずみ曲線(軟鋼)

表-1 摩擦接合用高力六角ボルト、六角ナット、平座金のセット

セットの種類		通用する構成部品の機械的性質による等級		
機械的性質による種類	トルク係数値による種類	ボルト	ナット	座金
1 種	A	F 8 T	F 8	F 35
	B			
2 種	A	F 10 T	F 10	
	B			
3 種	A	F 11 T	F 10	
	B			



こうりよくボルトまさつせつごう (高力—摩擦接合) friction grip connection with high strength bolts

高力ボルト^{*}を用いた摩擦接合^{*}。これに使用する高力ボルトは JIS^{*} B 1186「摩擦接合用高力ボルト，六角ナット，平座金のセット」に規格され，機械的性質によって F 8 T，F 10 T，F 11 T があるが(表-1)，道路橋^{*}では F 11 T は使用しない。また，道路橋に使用する高力ボルトについては JIS 規格のほかに性能が別途道路橋示方書^{*}に規定されている。このほか特殊なボルトとしてトルシア形高力ボルト^{*}がある。

ごねつ (後熱) post heating

溶接部またはガス切断部に後から熱を加えること。急冷却によるわれを防ぐとともに，残留応力^{*}を除去することを目的として行われる。

ゴムししょう† (—支承) rubber bearing

主要材料としてゴムを用いた支承^{*}。一般の金属製支承の移動および回転機構が受圧接触部でのすべりやこすりであるのに対し，ゴム支承ではゴムの変形によっているのがその特徴である。荷重^{*}によって自由面が側方に押出されるいわゆる膨出現象を小さくし，高さの変化を小さくすると同時に支持力を増すためゴムの上下面に補強板を設けるのが一般的である。また，厚さが大きな場合は数層にわたって補強板を入れる重層形式が用いられる。ゴムにはクロロプレン系合成ゴムが一般的に用いられる。また，特殊なものとして天然ゴムを用い，それに埋め込んだ円環で膨出を抑制する形式のものもある

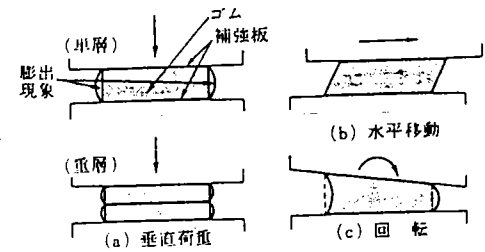


図-1 ゴム支承

ゴライアスクレーン† goliath crane

水平ばりと両端の支柱で構成される門形のクレーンで，水平ばりに取り付けられた荷づくり設備で門形の枠内で荷づくり作業を行う。固定式と移動式とがあり，移動式は支柱の下端に取付けた車輪で軌条の上を走行する。細長い用地で上空に障害物がない場合に適するクレーンである。門形クレーン，橋形クレーンともいう (図-3)。

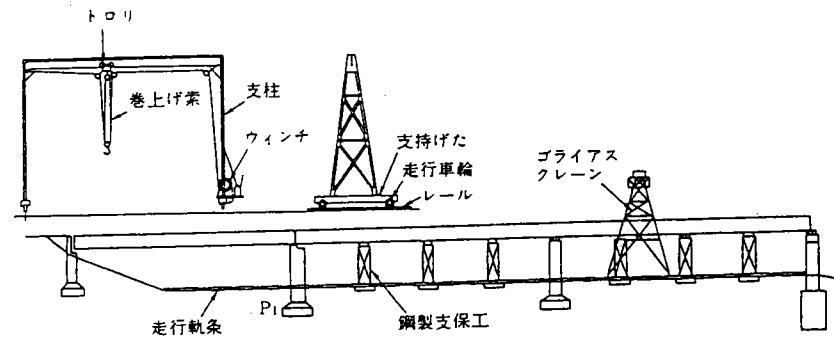


図-3 ゴライアスクレーンによる橋りょうの架設

〔さ〕

さび止めペイント (—止め—) rust-preventing paint, rust-resisting paint, anti-corrosive paint

さびの発生を防ぐことを主目的とする塗料で、一般に顔料を多く含み硬い塗膜を形成して遮水性にすぐれているのが特徴である。鋼橋*では一般に下塗塗料として用いられ、代表的なものに、鉛丹さび止めペイント*、鉛系さび止めペイント*などがある。

サブマージアークようせつ† (—溶接) submerged arc welding

アーク溶接*の一つで、接合部の表面に粒状のフラックス*を盛り上げ、その中に線状のワイヤを連続的に供給しながら溶接*する方法。アークはフラックスにかくれて見えないのでサブマージ (潜る) の名称があり、潜弧溶接とも呼ばれる。サブマージアーク溶接機器を開発した会社の名称から、ユニオンメルト溶接と呼ばれることがある (図-1, 2)。

さらりベット (皿—) countersunk rivet, countersunk head rivet

リベット*の一種で、リベットの頭が下側が細く半錐台状で先端が平面となっているリベット。リベットの頭を連結する板の表面より外側に突出させない個所に用いる

サンドル† saddle, stacked grillage

重量物などを支えるため、角材や鋼ばりなどを井形状に組み上げたもの (図-3)。

ざんりゅうおうりょく† (残留応力) residual stress

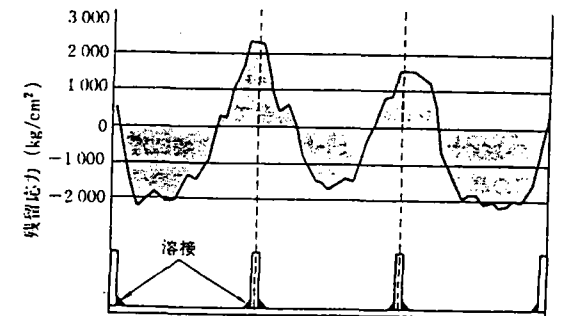
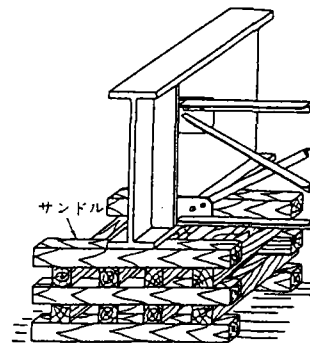
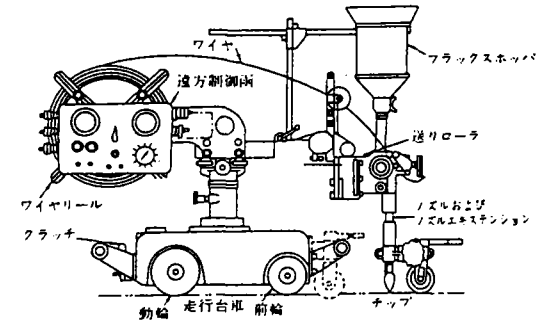
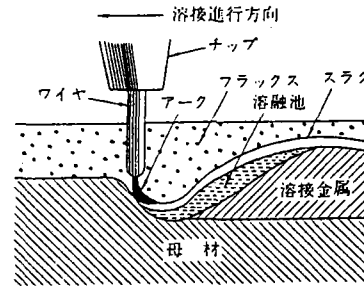
無荷重の状態で物体内に残っている応力*。鋼部材において、加工や溶接*時に与えられる変形や熱に伴う応力がその内部的な拘束によって残るなどがその代表的な例である (図-4)。

ざんりゅうひずみ (残留—) residual deformation

残留変形*が生じている場合のひずみ。また、残留変形と同義として用いる場合もある。

ざんりゅうへんけい (残留変形) residual deformation

部材*などにおいて、荷重*を除荷した後あるいは製作終了後も残ったままとなっている変形。荷重による応力*が降伏点*を越えた場合に除荷後も変形が残るいわゆる塑性変形。溶接*時の材片の不均一な温度による変形が拘束されて残る変形、残留応力*が熱処理によって解放されて残る変形などがある。永久変形ともいう。



(し)

仕上げボルト (仕上げ—) finished bolt, turned bolt

軸部あるいは頭部を切削仕上げしたボルト。軸部と頭部下面を仕上げたものを中ボルトあるいは半みがきボルト、表面全体を仕上げたボルトを上ボルトあるいはみがきボルトという。○黒皮ボルト。

しあつせつごう† (支圧接合) bearing connection

鋼部材の接合法の一つ。接合しようとする鋼板にあけられた孔にリベット*やボルトを挿入し、その軸部によって鋼板の相対的なずれを止める接合法で、鋼板の孔の円周面とリベットなどの軸部との支圧と軸部せん断によって力が伝達される。おもなものにリベット継手*や高力ボルト支圧接合*がある (図-2)。

シアープレート shear plate

鋼げたの腹板*の添接板*の一つで、主としてせん断力*を受け持つ添接板。○モーメントプレート (P.30 図-3)。

したむきしせい† (下向き姿勢) flat position

溶接作業者が溶接*するときに溶接部に対する姿勢を溶接姿勢*といい、下向き、横向き、立向き、上向き、の4姿勢がある。下向き姿勢は、溶接線がほぼ水平な継手*に対し、上方から下を向いて行う溶接姿勢をいう。この姿勢により施工する溶接を下向き溶接と呼ぶことがある (図-1)。

したん† (趾 [止] 端) toe

溶接部において、母材の表面と溶接ビード*の表面が交わる箇所をいう (図-3)。

しって† (尻手) end of rope

ワイヤロープ*の端部のこと。また、ワイヤロープの端部の止め部分をいうこともある (図-5)。

じどうガスせつだんき† (自動—切断機) automatic gas cutter

電動台車にガス切断*装置を取り付け、レール上を一定速度で走らせることにより、自動的に鋼板を切断する装置。1台の切断機を直線的に走らせるだけのものから、多数のトーチを同時に走らせるもの、自動図形読取装置と連動して複雑な図形の切断ができるものまで、種々の装置が開発されている (図-4)。○フレームプレーナー、アイトレーサー。

じどうようせつ (自動溶接) automatic welding

溶接棒*等の溶接材料の供給および運轉などの溶接作業を、すべて自動的に行う溶接*。通常サブマージアーク溶接*をさすことが多いが、エレクトロスラグ溶接*およびエレクトログラス溶接*も自動溶接の一種である。

しの† bull pin

とびが用いる道具の一つで、先端が細くなった丸鋼棒。ボルトやリベット*用の孔に差し込んで孔を合わせる場合や足場*を組むときの番線の締付けなどにも用いる (図-6)。

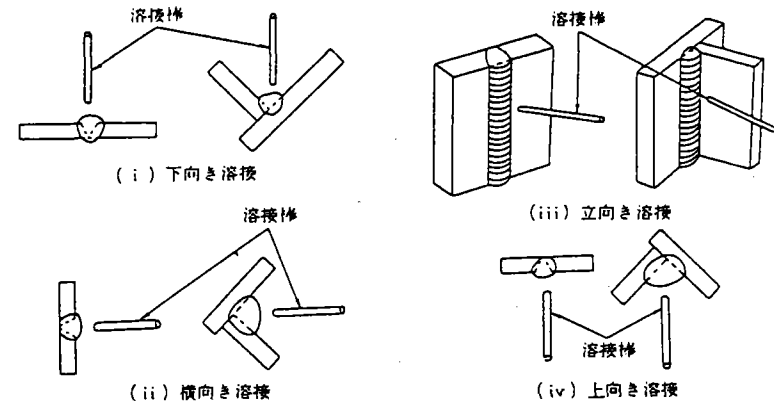


図-1 溶接姿勢

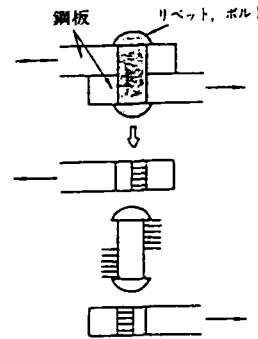


図-2 支圧接合の力の伝達

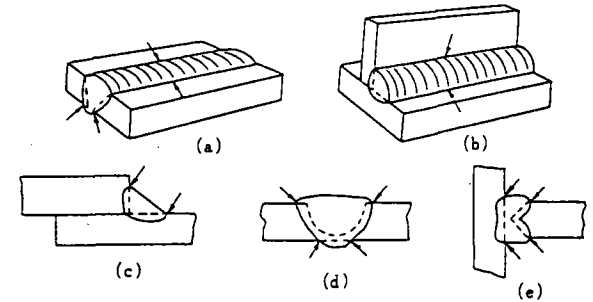


図-3 趾(止)端(矢印で示した部分)

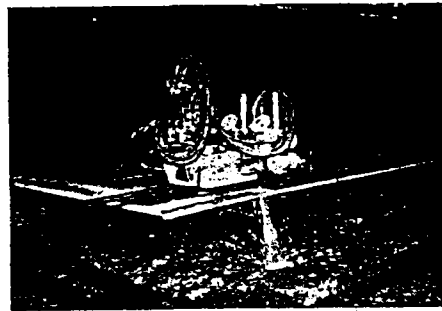


図-4 自動ガス切断機



図-5 尻手

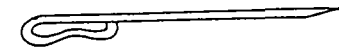


図-6 しの

ジブクレーン jib crane

荷をつるための旋回できるジブ（腕）を有するクレーンの総称。固定式とレール上を移動する走行式とがあり、ジブには鉛直に建てられた機体から片持ち式に水平に取り付けたものと機体の基部から斜めに取り付けたものがある。

シャコ shackle

現場用語で、シャックル*のこと。○シャックル。

シャックル† shackle

ワイヤロープ*で部材*をつる場合やワイヤロープを連結する場合などに用いるU字形の金物。その形状によってバウシャックルとストレートシャックルに分類され、留め金具にピン*あるいはボルト・ナットが用いられる。JIS* B 2801に規格がある。現場用語でシャコともいう（図-4）。

じゅうかじゅう（従荷重） subsidiary load, secondary load

必ずしも常時またはしばしば作用するとは考えられないが、橋りょうの主要構造部を設計する場合に、必ず考慮しなければならない荷重*。従荷重として規定されているものには、道路橋示方書*において風荷重*、温度変化の影響*、地震の影響*があり、国鉄建造物設計標準において車両横荷重*、制動始動荷重*・風荷重*などがある。

じゅうさいかかじゅう（従載荷荷重） sub load

○L荷重。

しゅかじゅう（主荷重） principal load, primary load

橋りょうの主要構造物を設計する場合に、常に作用すると考えなければならない荷重*。主荷重として規定されているものには、道路橋示方書*において死荷重*、活荷重*、衝撃*、プレストレス*、土圧*、水圧*などがあり、国鉄建造物設計標準において死荷重*、列車荷重*、衝撃*、遠心荷重*、ロングレール縦荷重*がある。橋りょうの設計においては、主荷重のみ作用する場合と、主荷重と従荷重*または特殊荷重*とを組み合わせた場合の両方を考える。

しゅさいかかじゅう（主載荷荷重） main load

○L荷重。

ショットブラスト shot blasting

ブラスト*の一種で、研掃材粒子として鋼粒を用いたもの。○ブラスト。

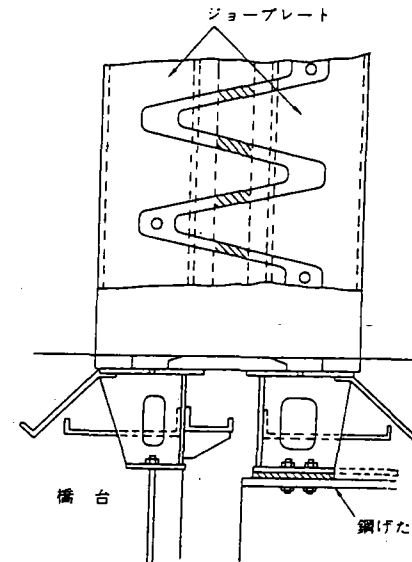
ジョープレート jaw plate

伸縮装置*一つであるフィンガージョイント*において、路面に設けるくし形の鋼板。

○伸縮装置（図-1）。

ジンクリッチペイント zinc-rich paint

亜鉛を主成分とする塗料で、亜鉛と鉄のイオン化傾向の違いにより防食する。ビヒクルにエポキシ樹脂を用いた有機系のものとけい酸化合物を用いた無機系のものがある。薄膜形の場合はジンクリッチプライマーと呼ばれ、鋼材の1次プライマーとして用いられる。



鋼フィンガージョイントの例

図-1 伸縮装置

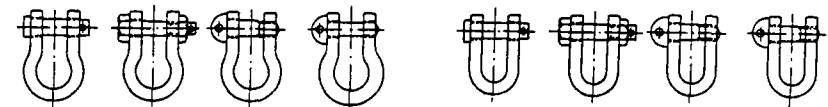
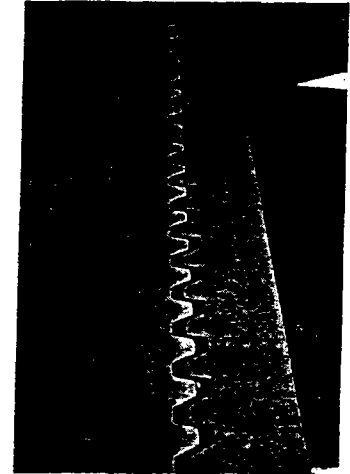


図-4 シャックル

しんしゆくそうち† (伸縮装置) expansion joint, expansion apparatus

橋りょうは温度変化などによって伸縮する。このような伸縮がスムーズに行え、かつ橋りょう上を自動車などがスムーズに走行できるように、橋りょうの端部や橋りょうと橋りょうとの境界の路面に設ける伸縮可能な装置。鋼製やゴム製のものが主として用いられる (表-1、P.17 図-1)。

しんしゆくつぎて (伸縮継手) expansion joint

構造物、部材*あるいは管などが温度変化などによって伸縮する場合、それがスムーズに行われ過大な応力*が発生しないように設ける継手*の総称。橋では伸縮装置*を指すことが多い。

しんとうたんしょうしけん (浸透探傷試験) liquid penetrant testing

試験体表面の亀裂などを見やすくするため、けい光物質または可視染料の入った高浸透性の液を亀裂などに浸透させたあと、拡大した指示模様として観察する方法である。鋼材の表面をよく清掃し、浸透液を浸透させたのち、表面の余分な浸透液を十分ふき取り、現像液で浸透液を浮出させて観察する。通常、浸透液は赤色で、現像液は白色を用いており、カラーチェックとも呼ばれている。

シンブル† thimble

ワイヤロープ*を折り返して固定する場合に、ワイヤロープに一定の曲率を与え、かつその形くずれを防ぐため、折返し部分に挿入する金具 (図-1)。

[す]

スカラップ† scallop

方向の異なる二つの溶接*が互いに交差しないように、または溶接が途切れないようにするため、溶接しようとする材片に設けた切欠き (図-2)。

ストップホール stop hole

きれつ*の先端部の高い応力集中を除去し、きれつの進捗を一時的に防止するためにきれつの先端に明ける穴。疲労きれつの応急的処理方法として用いられることが多い。

ストロングバック† strong back

突合せ溶接*による変形を防止するために取り付ける一種の拘束治具。主として角変形の防止に用いられる。図-5は継手*開先*の目違い直し治具 (ドッグピース) を併用したストロングバックの配置例である。

スパッタ spatter

アーク溶接*などにおいて、溶融時に飛散し溶接金属*とならない金属類。

スプライス splice

鋼部材の接合方法の一つで、接合する部材*を突き合わせその側面に接合用の鋼板をあて、ボルト、リベット*あるいはすみ肉溶接*で接合する方法。接合用の鋼板を添接板*といい、それを接合する板の片側だけにあてる場合を片側添接*、両側からあてる場合を両側添接*あるいは全添接*という

表-1 伸縮装置の分類

分類	型式	種類	備考
突合せ式	盲目地型式	盲目地 切削目地	変位をアスファルト舗装などの変形とらせる構造
	突合せ先付型式	目地板ジョイント アングル補強ジョイント 補剛鋼材ジョイント	舗装施工前に設置する突合せ目地構造
	突合せ後付型式	カットオフジョイント カップリングジョイント ハマハイウェイ型ジョイント その他	舗装施工後に設置する突合せ目地構造
支持式	ゴムジョイント型式	ハマハイウェイジョイント コルおよびアロフジョイント ネオスミジョイント その他	ゴム材と鋼材を組み合わせて、輪荷重を床版遊間で支持する構造
	鋼製型式	鋼フィンガージョイント 鋼重ね合せジョイント	フェースプレートまたはフィンガープレートを使用した鋼製構造
	特殊型式	デマーク式など	その他の支持型式構造

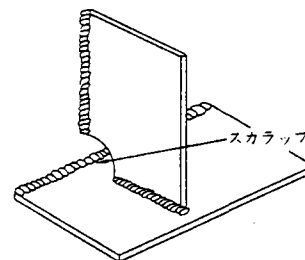


図-2 スカラップ

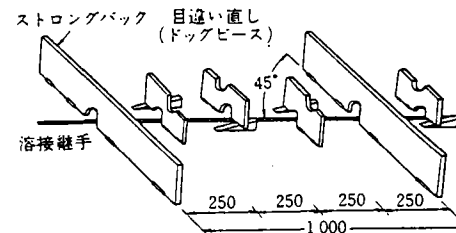


図-5 ストロングバックの配置例

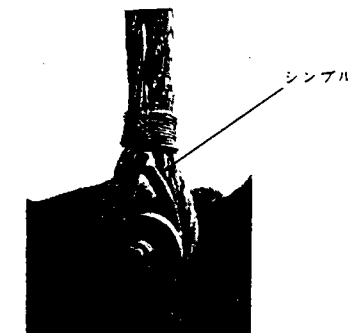


図-1 シンブル

スラグまきこみ (—巻込み) slag inclusion

溶接金属内にスラグが介在するもので、多層盛りの場合、前層の残留スラグがそのまま次層の溶接金属に残るものと、溶接棒操作が悪くて、溶接金属内にスラグが混入したものがある。スラグ巻込みは、溶接金属の耐食性を低下し、また、その形状から鋭い切欠きとなって継手の疲労強度を低下させる。

スロットようせつ (—溶接) slot weld

重ね合わせた二枚の一方に長円形の穴をあけ、その中に肉盛する溶接。みぞ溶接ともいう。(図-1)。

[せ]

せいかじゅう (静荷重) static load

動荷重の対語で、振動や衝撃などの動的な影響を伴わない荷重。構造物の自重などの死荷重がその代表的なものであるが、橋りょうの設計においては、活荷重、地震荷重、風荷重など本来は動荷重であるものも、その動的な影響を静荷重に換算し、静荷重として取り扱うのが一般的である。

せつけいかじゅう (設計荷重) design load

構造物の設計に用いる荷重で、その荷重が作用した場合に構造物の応力などが設計上の許容値以下となるように、構造物の安全性を照査する荷重。橋りょうの設計荷重には死荷重、活荷重、温度変化の影響、風荷重、地震の影響などがあり、道路橋については道路橋示方書に、鉄道橋については国鉄建造物設計標準に、その種類、大きさ、組合せなどが規定されている。

せんじょうかねつほう (線状加熱法) line heat method (of flame straightening)

加熱矯正法の一つで、線状に加熱し水冷する方法をいう(図-3)。 □加熱矯正法。

ぜんてんせつ (全添接) full splice

添接法の一つで、両側から添接板をあてて添接すること(図-2)。

せんようせつ (—溶接) plug weld

重ね合わせた2枚の板の一方に丸い穴をあけ、その中に肉盛する溶接。重ね合わせた板を密着させる場合などに用いられる。また、肉盛りの量によって充填プラグ溶接、部分充填プラグ溶接、すみ肉プラグ溶接と呼ばれる(図-2)。

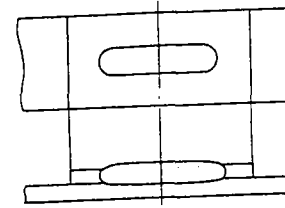


図-1 スロット溶接

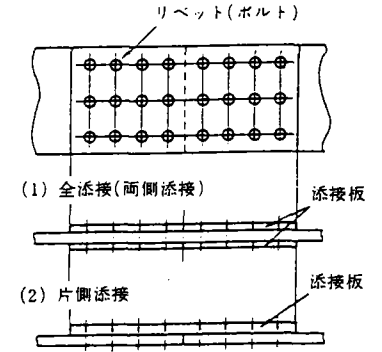


図-2 全添接

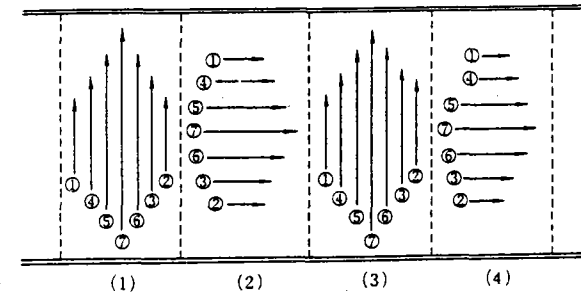


図-3 線状加熱法によるひずみとり例 (数字は加熱順序)

[た]

タールエポキシじゅしとりょう (—樹脂塗料) tar epoxy resin paint

エポキシ樹脂、コールタール、ピチューメン、顔料^{*}、硬化剤および溶剤をおもな原料とする塗料。耐水性など防錆力に優れるが、耐紫外線性に劣ることから、箱げた^{*}の内部などの塗装^{*}に用いられる。

たんさんガスアークようせつ† (炭酸—溶接) CO₂ gas shielded arc welding

ガスシールドアーク溶接^{*}の一種で、シールドガスとしておもに炭酸ガスを用いるものをいう。工場における代表的な半自動溶接^{*}方法である (図-1)。

だんぞくようせつ† (断続溶接) intermittent welding

すみ肉溶接^{*}のうち、溶接金属^{*}が連続せず断続しているもの。その配列によって、並列溶接 (chain welding) と千鳥溶接 (staggered welding) がある。橋りょうでは仮付け溶接^{*}に用いられるが、本溶接にはほとんど用いられない (図-2)。

たんたいけいこう (端対傾構) end sway bracing

けた^{*}やトラス^{*}の端部あるいは連続けた^{*} (トラス) の支点^{*}上に配置する対傾構^{*}。水平荷重を支点に伝達する役目をなす。

ターンバックル† turn buckle

両端部に右ねじと左ねじを有するナットと丸鋼からなる部品で、長さの調節に用いられる。雌ねじを有するナットを中央に設けその両側に雄ねじを有する鋼棒を配するもの (図-3) と鋼棒の両側にナットを配するものがあり、前者ではナットを後者では鋼棒を回転させることによって長さを調節する。

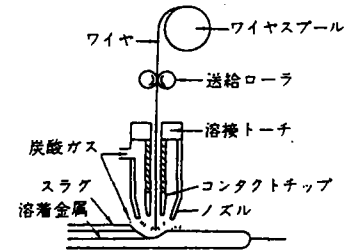
[ち]

ちどりリベット† (千鳥—) staggered riveting, zigzag riveting

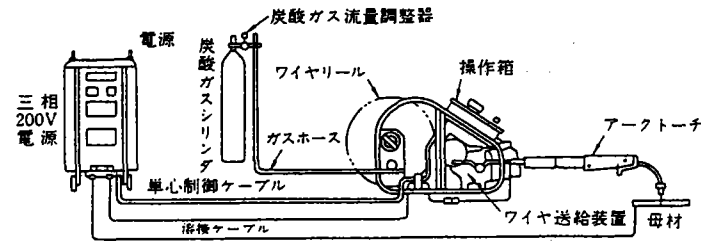
その配置が基盤目上になく、ジグザグに配置されているリベット^{*} (図-4)。

ちょうおんぱたんしょうしけん† (超音波探傷試験) ultrasonic testing

超音波を試験体中に伝えて、この試験体が示す音響的性質を利用して、内部欠陥を知る方法で、反射法、透過法、共振法がある。鋼構造物の検査では、反射法のうち斜角探傷が一般に用いられる。超音波のエコーはブラウン管上で読み取るのが一般であるが、マイコンの利用でデジタル表示することもできる (図-5)。



(a) 溶接法の概要図



(b) 溶接装置

図-1 炭酸ガスアーク溶接法の装置の構成

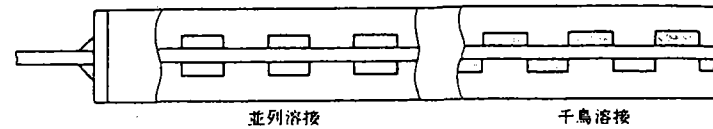


図-2 断続溶接

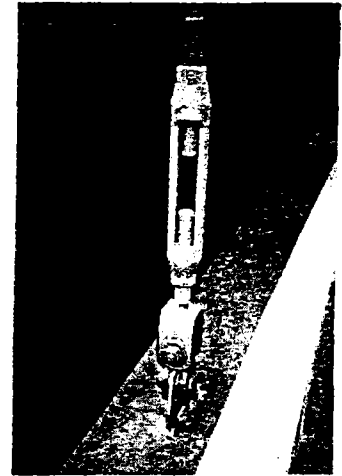


図-3 ターンバックル

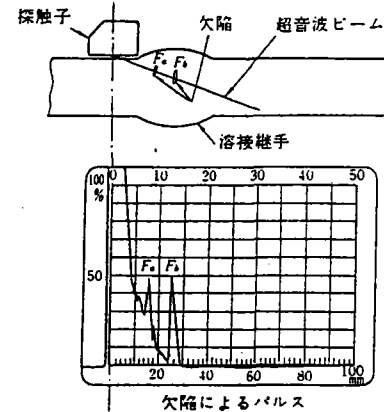


図-5 超音波探傷

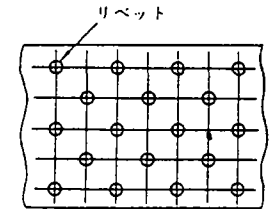


図-4 千鳥リベット

[つ]

ついでい† (対材) counter

トラス*の斜材*が荷重の載荷状態によって引張力を受けたり圧縮力を受けたりする場合に、その斜材と交差し反対の傾きを持つ斜材を配置することがある。これを対材という。ある斜材が圧縮力を受ける載荷状態においては、その斜材に対応する対材は引張力を受け、かつ斜材を無視してもトラスは安定である。このため、対材を配置することによって圧縮力を受ける斜材を無視することができ、斜材を常に引張材として設計できる利点がある。斜材にアイバー*など圧縮力に対する抵抗力の小さい部材*を用いる場合、引張力と圧縮力の両方を受ける支間*中央部付近の斜材に対材を設けていたが、近年では斜材が圧縮力に対しても抵抗できるように設計するためあまり用いられないが、横構*の設計にこの考え方が用いられることがある。たいざいと読むこともある (図-1)。

つかぎ (束木) rail post

束柱*のこと。□束柱。

つかばしら† (束柱) rail post

高欄*を構成する部材*の一つで、中間の柱。本来は木製高欄での名称であるが、現在では材料の種類にかかわらずこの名称で呼ばれる。束木ともいう (図-2, p.299 図-1)。

つきあわせつぎて† (突合せ継手) butt joint

接合しようとする材片を相互に突き合わせて接合する継手* (図-3)。

つきあわせようせつ (突合せ溶接) butt weld

接合しようとする材片を相互に突き合わせて行う溶接*。突合せ部に開先*を設けて溶接するグループ溶接*が用いられる。

つりあしば† (—足場) suspended scaffolding, hanging scaffolding

下方や横方向から支持した足場*に対し、上方からつって支持した足場の総称。このほか、ワイヤロープ*をほぼ水平に引渡し、その上に設けた足場もいう (p.199 図-5)。

つりてんびん (—天秤) balance beam, spreader beam

重量物などを2点以上でワイヤロープ*でつる場合、ワイヤロープをできる限り鉛直に近い状態にするために用いるはり*や、わく。

[て]

ティーかじゅう† (T荷重) T-load, T-loadings

道路橋示方書*に規定された活荷重*のうち、床版*および床組*の設計に用いられる自動車荷重* T荷重には、一等橋*の設計に用いられるT-20と、二等橋*の設計に用いられるT-14とがあり、総重量はそれぞれ20t, 14tである (表-1)。

ティグしより (TIG処理) TIG treatment

非消耗のタングステン電極により、隅肉溶接の止端部を再溶融する方法。 (図-4)。

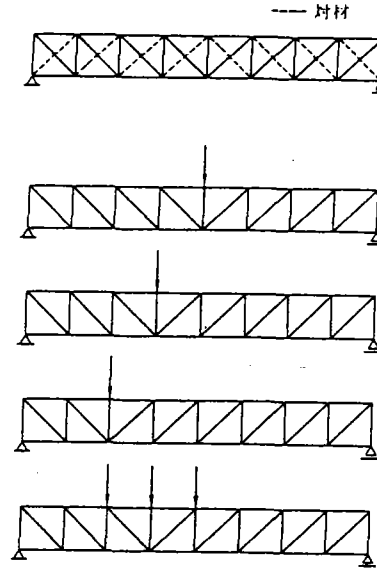


図-1 荷重と有効に作用する斜材



図-2 束柱

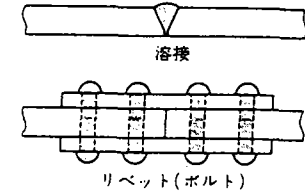


図-3 突合せ継手

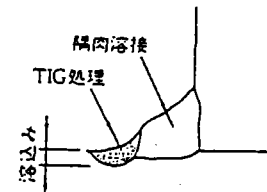
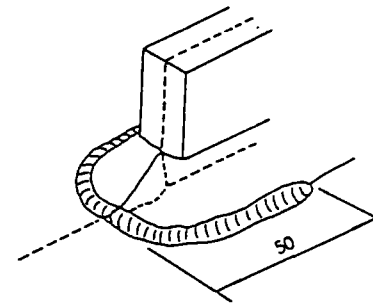


図-4 TIG処理

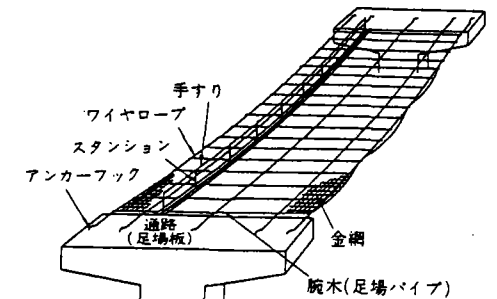


図-5 つり足場

てんかねつほう† (点加熱法) spot heat method (of flame straightening)

加熱矯正法*によって溶接ひずみ*除去を行う場合に、点状に局部加熱する方法をいい点焼き法ともいう。また、加熱点の分布形からお灸とも俗称する。主として薄板のひずみとり*に用いられる(図-2)。⇨加熱矯正法。

てんざい (—材) filler

填材。フィラー*のこと。ロファイラー。

テンプレート template

①型板のこと。⇨型板。

②型板の一種で、ボルトやリベット*孔をあける場合、その位置を正確にするために用いられる鋼板。通常、板厚 12 mm 程度の鋼板に微動目盛を持つフライス盤で孔あけを行い、これに炭素工具鋼製のブッシュをはめ込んだものが用いられる。

【と】

どうかじゅう (動荷重) dynamic load

静荷重*の対語で、時間とともに大きさや作用位置が変化し、振動や衝撃などの動力学的な影響のある荷重*。活荷重*、地震荷重*、風荷重*などがその代表的なものである。橋りょうの設計においては、動力学的な影響は、たとえば活荷重の衝撃係数のように静的荷重に換算する方法が用いられる。

とくしゅかじゅう (特殊荷重) particular load

橋りょうの主要構造部を設計する場合に、すべての橋りょうに考慮する必要はないが、その種類、構造形式、架橋地点の状況などの条件によっては、特に考慮しなければならない荷重*。道路橋示方書*で特殊荷重として規定されているものには、雪荷重*、遠心荷重*、制動荷重、施工時荷重、衝突荷重、波圧などがある。

とぶづけ hot dip galvanizing

溶融亜鉛めっきの俗称。430~470°C程度の溶融した亜鉛浴中に鉄鋼製品を浸漬したあと引き上げ、鉄鋼の素地上に亜鉛を皮膜するもので、橋りょうでは高欄*、支承*、排水ますなどに用いられているが、近年で鋼橋の本体となる鋼部材にも用いられるようになっていく。

トラフリブ† trough rib, U-shaped rib

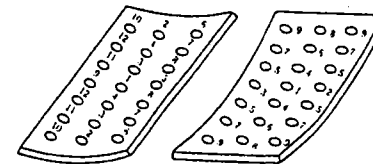
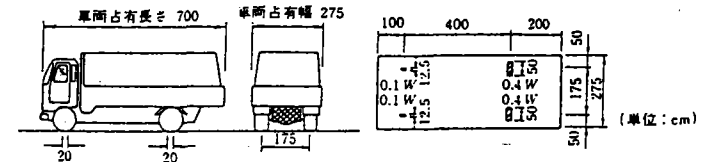
鋼床版*の縦リブ*などに用いられる逆台形状の補剛材*。鋼床版用としては、冷間成形のものが日本鋼構造協会規格 JSS II 08 “鋼床版用 U 形鋼”として規格されている(図-3)。

ドリフトピン drift pin

鋼部材を組み立てる場合に、リベット*やボルト孔を合わせるために打込む先端の細くなった丸棒の金具

表-1 T 荷重

橋の等級	荷重	総荷重 W(t)	前輪荷重 0.1W(kg)	後輪荷重 0.4W(kg)	前輪輪帯幅 b ₁ (cm)	後輪輪帯幅 b ₂ (cm)	車輪接地長 a(cm)
1等橋	T-20	20	2000	8000	12.5	50	20
2等橋	T-14	14	1400	5600	12.5	50	20



点加熱法によるひずみとりの例
(数字は加熱順序を示す)

図-2 点加熱法

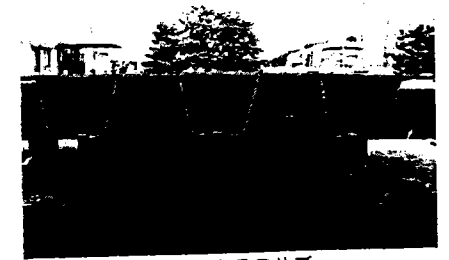


図-3 トラフリブ

トルクけいすうち (—係数值) torque coefficient

高力ボルト接合のボルト軸力の管理方法であるトルク法*において、導入ボルト軸力とトルクの関係を示す定数で、次式で示される値。単にトルク係数ともいう。

$$x = \frac{T}{d \times N} \times 1000$$

ここに x : トルク係数值

T : トルク (ナットを締め付けるモーメント) (kgf·m) { $N \cdot m$ }

d : ボルトのねじ外径の基準寸法 (mm)

N : ボルト軸力 (kgf) { N }

トルクほう (—法) calibrated wrench [tightening] method

高力ボルト接合において、高力ボルト*の導入軸力の管理方法の一つ。高力ボルトへの軸力の導入は一般にナットを回転することによって行われる。導入される軸力 N が、ナットを回転させようとする力いわゆるトルク T に比例することを利用して、ナットを締め付けたときのトルクを知ることによって導入軸力を管理する方法。

トルクレンチ† torque wrench

トルク法*によって高力ボルトを締め付ける場合に用いるボルト締め付け器具。手動のものとは圧縮空気あるいは電気を動力とするものがある。手動式のものには、スパナの柄を長くした形のもので、これを人力で回転させてボルトを締め付ける。トルクの検出は柄の中にあるトーションバーあるいは板ばねのしなりを目盛で読み取ることによって行われる。また、この器具は締め付けたボルトに対するトルクのチェックにも用いられる。圧縮空気あるいは電動のものは、所定のトルクに達すると締め付けを中止するようにトルクをコントロールすることができるようになっている (図-4)。



図-4 トルクレンチ

な行

〔ね〕

ねつえいきょうぶ (熱影響部) heat-affected zone

溶接、切断などの熱で、溶接はしないが母材組織や機械的性質に変化を受けた部分という。□溶接金属。

ねっかんこう (熱間加工) hot-forming, hot-working

鋼材を炉またはガスバーナーにより加熱し、赤熱状態で所定の形状に加工すること。熱間加工は、高温下で鋼の降伏点が低下し、変形能が大きくなることを利用するもので、加工硬化を生じないことが特徴である。このため大きな塑性ひずみを与えることが可能であり、鋼材の板厚が大きく小さな曲げ半径が必要な場合の曲げ加工などに有利である。しかし、調質高張力鋼では、調質効果が失われ、材質が変化することがあるので注意が必要である。

〔の〕

のどあつ (—厚) throat, throat depth

図-5に示す溶接部の寸法。のど厚には理論のど厚と実際のど厚があるが、単にのど厚といえば前者を指し、溶接部における応力の伝達が行われる溶接部の有効厚さとして強度計算の基本寸法として用いる。すみ肉溶接では溶接断面内の二等辺三角形の高さをいい、突合わせ溶接では接合する材片の板厚をとり、板厚が異なる場合は薄いほうの板厚をとる。

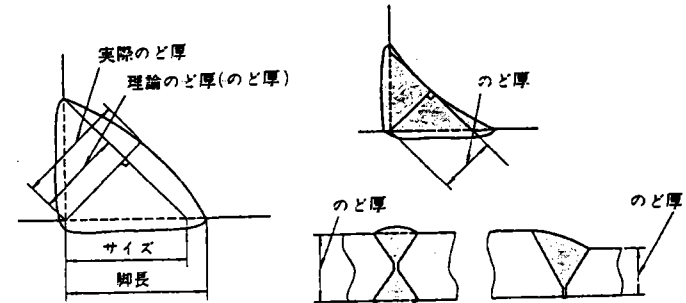


図-5 のど厚

は行

【は】

はいすいそうち† (排水装置) drain

橋りょうの路面上の雨水などを排水するための設備。一般に路面上の水は路面の横断こう配によって路肩部へ流れ、縦断こう配*によって排水ますへ導かれ、そのままあるいは排水管を経て所定の個所に集めて放水される (図-1)。

パイロットホール pilot hole

基準孔*のこと。○基準孔。

ばかぼう (馬鹿棒)

工事現場で、ありあわせの棒を所定寸法に作った簡単な定規。同一な寸法を繰返し測る場合、たとえば、鉄筋*間隔などの測定、確認にしばしば使用される。

パス pass, run

溶接*の進行方向に沿った一回の溶接操作をいう。

ばたかく† (端太角)

型わく*を保持するために配置する角木材。このことから鋼製パイプを含めて型わくを保持する棒状の材料の総称として用いられることが多い。単に端太ともいう。また、横方向および縦方向に配置したものをそれぞれ横端太および縦端太ともいう (図-4)。

はつり gouging, chipping

○ガウジング。

【ひ】

ひずみとり straightening

切断や溶接*により変形した鋼板あるいは鋼部材を矯正してもとどりにすること。ローラーがけ、プレスなどの機械的矯正法と、ガス炎による加熱矯正法*がある。

ピッチ [ボルト, リベット] pitch

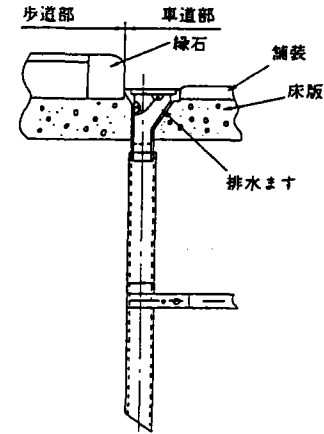
ボルトあるいはリベット継手*において、配置されたボルトあるいはリベット*の作用力方向の間隔。

ピット [溶接の] pit

溶接金属*の表面にできる穴。溶接欠陥*の一つ。

ビード† bead

溶接*によって作られた溶接金属*をいう。一回の溶接操作によって作られた溶接金属をいうこともある (図-2)。



排水ます

図-1 排水装置

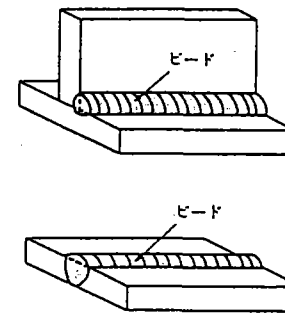


図-2 ビード

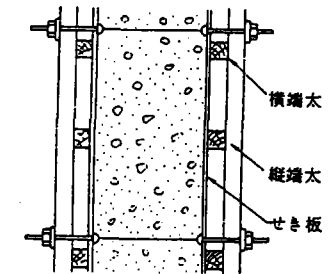


図-4 端太角

ひはかいしけん (非破壊試験) nondestructive test

材料あるいは製品の性質や形状寸法に変化を与えないで、その材料の健全性を調べる方法で、鋼構造物では次のようなものがある。

① 放射線透過試験*, ② 超音波探傷試験*, ③ 浸透探傷試験*, ④ 磁粉探傷試験
ひろう† (疲労) fatigue

構造物が多数回のくり返し荷重を受け、その繰返し荷重*によって発生する応力*が静的破壊を生じる応力より低い応力であっても、構造物はその機能を失うことを疲労という。また、発生した疲労亀裂が進展し、破壊に至ることを疲労破壊といい、橋りょうのように移動くり返し荷重を受ける構造物では設計上重要な検討項目である。疲労に最も影響する因子はくり返される応力の変動幅とそのくり返し回数、継手*などの形状からくる応力集中*度、溶接欠陥*や残留応力*, 使用される材料などである。

設計にあたっては、一般にモデル化した試験体によって疲労試験を行い、事前に上記の因子別に疲労強度を確かめておく必要がある。疲労試験結果は通常、応力範囲を基準に整理され、応力範囲と疲労寿命の関係は両対数で直線関係となる S-N 線図で表わされる。この S-N 線図を基に橋りょうの供用期間中に発生する繰返し応力とその回数から疲労強度 (一般には疲労許容応力度) が求められる。

鉄道橋*は全荷重に占める活荷重*の割合が大きく、また、設計活荷重に近い列車がくり返し載荷されるため、きめ細かい疲労検算が行われる。図-2、表-1に国鉄建造物設計標準 (鋼鉄道橋) に定めている継手の疲労等級区分と基本疲労許容応力範囲 (200万回疲労強度) を示す。道路橋*においても鋼床版*のように活荷重応力の占める割合の大きい部材は疲労の照査が必要であり、道路橋示方書*では疲労を考慮したT荷重*1台載荷に対する縦リブ*の許容応力度*が定められている。

〔ふ〕

フィラー† filler

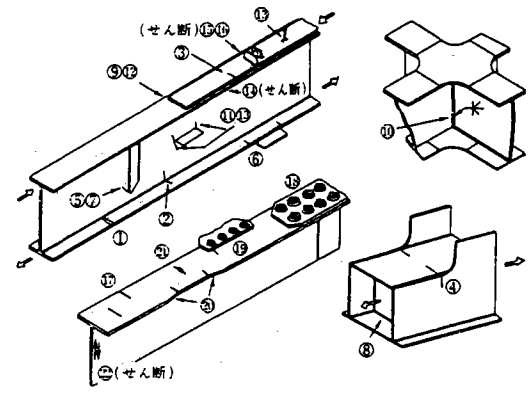
板厚の異なる鋼板を突合せ継手*で連結する場合に、連結板と母材とのすき間をなくするために挿入する鋼板。てん材 (填材) ともいう (図-4)。

フィレット† fillet

① トラス*のガセット*などで応力集中*を緩和するために設ける隅角部の曲線状の部分 (図-5)。
② すみ肉のこと。たとえばすみ肉溶接*を fillet welding という。

フィンガージョイント finger joint

鋼製の伸縮装置*の一つで、楕形の2枚の鋼板を組み合わせて路面に設置する形式の伸縮装置*。□伸縮装置 (P.17 図-1)。



継手 種類	等級区分
① ② ③ ④	A(A)
⑤	A(B)
⑥	B(B)
⑦	B(C)
⑧	B(B)
⑨	B(B)
⑩	C(-)
⑪	C(C*あるいはD)
⑫	C(C)
⑬	D(-)
⑭	D(D*)
⑮	A(A)
⑯	A(A')
⑰	C(C)
⑱	A(A)
⑲	A(B)
⑳	A(B)
㉑	S ₁ (S ₁)
㉒	S ₂ (S ₂)
㉓	S ₂ (S ₂)

注: 1) ()内は58キロ級鋼の場合を表わす。
2) *印のついたものは溶接施工試験で品質が確認された場合とする。
3) Dは板の応力直角方向の幅
4) Rは応力方向のボルト本数

図-2 鋼鉄道橋の疲労設計に関する継手分類

継手区分	基本疲労許容応力変動範囲 (kgf/cm ²)	
	垂直応力度	せん断応力度
A	1530	垂直応力度
A'	1530-40(n-4)	
B	1270	
C	1050	
D	800	せん断応力度
S ₁	920	
S ₂	820	
S ₃	650	

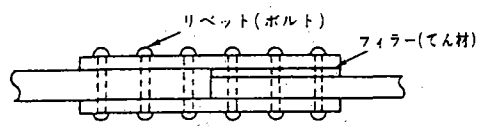


図-4 フィラー

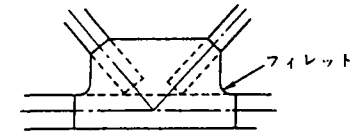


図-5 フィレット

ふくざい† (腹材) web member

トラス*の上下弦材の間やアーチ*のスパンドレル*など構造物の腹部に配置された部材*の総称。一般にはトラスの斜材*と垂直材*を指す (図-1)。

プライマー primer

防錆効果と同時に金属の素地と塗り重ねる塗料との密着性を良くすることを目的として、素地に最初に塗る塗料。鋼橋*に使用される代表的なものとしてエッチングプライマー*、ウォッシュプライマー*がある。

ブラスト blast cleaning

研掃材粒子を圧縮空気などで高速で吹き付けて、鋼材表面のさびなどを除去すること。研掃材粒子の種類によって、サンドブラスト* (砂)、ショットブラスト* (鋼粒)、グリッドブラスト* (鋼砕粒) に分けられる。形状に関係なく良好な素地が得られる確実なケレン*の方法である。鋼橋*の製作においては、鋼板の状態で行う原板ブラストと組立後の部材*に対して行う製品ブラストがある。

フラットジャッキ flat jack

ジャッキの一種で、一般の油圧ジャッキが使用できない高さが低い作業空間で使用可能な偏平なジャッキ。外縁部には注入孔と排出孔を取り付けてあり、注入孔より液体を加圧して器中に注入すると、2板の軟硬板が移動することによって押し上げ、または下げることができる。用途としては構造物の持ち上げ、反力調整、圧力の測定、変形の修正など、いろいろの用途がある。

ブローホール blow hole

溶接金属*の内部に生ずる空洞。溶接金属に溶解した水素が凝固時に放出されるとき、あるいは他のガスが溶接金属内に残存したり、また、ガスの放出途中で凝固したときに生ずる。継手*の汚れ、水分、溶接電流とアーク長、急冷などの影響を受けて発生する。ブローホールは継手の疲労強度を低下させる。気孔ともいう。

ぶんぱいよこげた (分配横——) cross beam for load distribution

荷重分配横げた*のこと。□荷重分配横げた。

[〜]

ベント† bent

橋りょうの架設*において橋体などを支持するために設ける仮の支柱 (図-2)。

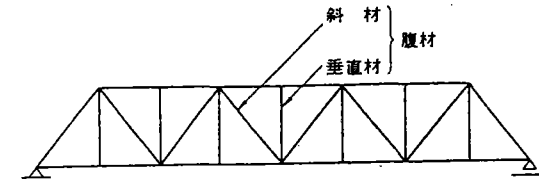


図-1 腹材

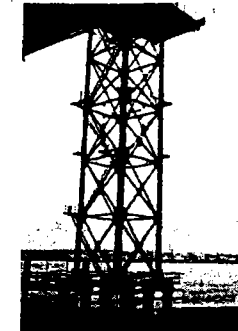


図-2 ベント

〔ほ〕

ほうしゃせんとうかしけん† (放射線透過試験) radiographic examination

放射線 (一般にX線) が物質を透過する度合いは、物質の種類と厚さなどによって変化する。物質中に空洞などの欠陥があると、欠陥部分とその周辺の健全な部分を透過した放射線の強さに変化が生ずる。この変化の状態から欠陥を調べる試験を放射線透過試験といい、鋼構造で最もよく用いられる非破壊試験*である。試験にはアイソトープなどを用い、フィルムに撮影し、これによって判定する (図-4)。

ほうしん (棒心) foreman

とび工などの指揮者、世話役。ぼうがしら (棒頭) ということもある。ほうしんは、英語の boatswain (水夫長) がなまったともいわれる。

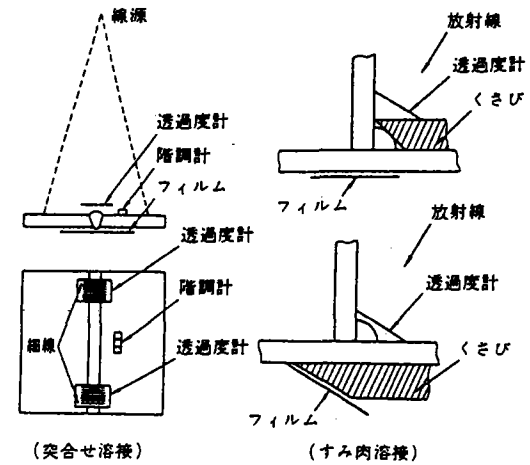


図-4 放射線透過試験の撮影配置

〔ま〕

マーキング marking

鋼構造物を現場で組み立てるために、部材番号、部材の方向、合わせマークなどを記入すること。一般に塗料によって行われるが、合わせマークはポンチなどで印をつける場合がある。

マクロしげん† (—試験) macrostructure test

溶接部の表面を平滑に研削し、薬液で腐食させる(エッチング)と、肉眼でも組織の違いが認められるようになる。これによって、われ、ブローホール^{*}、不純物、溶込み不良、結晶粒の大小やその方向を調べる試験(図-2)。

まわしようせつ† (—溶接) boxing

すみ肉溶接^{*}において、欠陥となりやすい始末端をなくすため、表裏の溶接^{*}を連続させる部分の溶接(図-1)。

〔み〕

みちいた† (導板) skid

部材^{*}などの重量物をコロを用いて移動させる場合に、コロの下に敷く板(図-5)。

みみげた† (耳—) outside girder, string, exterior girder

3本以上の主げた^{*}を並列したいいわゆる多主げた橋において、両側の最外側に配置したげた^{*}(図-6)。

ミルスケール mill scale

鋼を空気中で加熱した場合に生成する酸化物をスケールといい、熱間圧延作業中に鋼の表面に生じたものを特にミルスケールという。黒皮ともいう。

〔む〕

むしゅうしゆくモルタル(無収縮—)

モルタル^{*}が乾燥収縮^{*}によって体積が減少するのを防ぐために、鉄粉、アルミニウム粉末などを入れて、無収縮はもとより多少の膨張をさせるようにしたモルタルをいう。これらのモルタルは、沓^{*}の下面およびアンカーボルト^{*}の周囲の充填やPCのダクト^{*}内に注入するPCグラウトに用いられる。

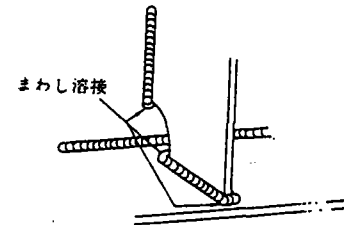


図-1 まわし溶接

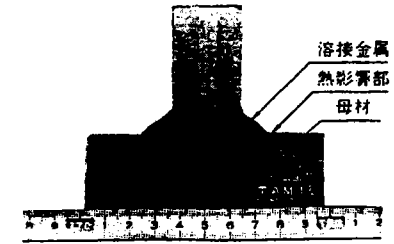


図-2 マクロ試験(すみ肉溶接)の例

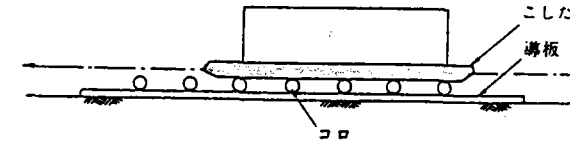


図-5 導板

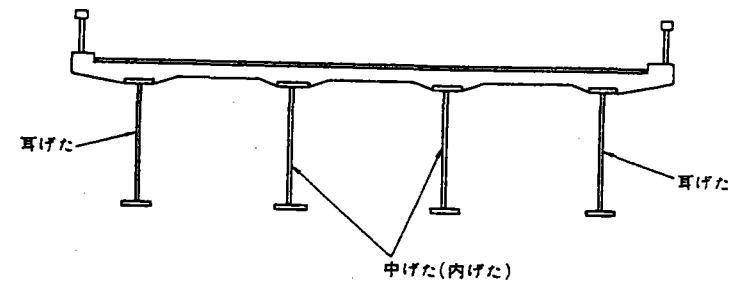


図-6 耳げた

[め]

めいた(目板) splice plate
とび用語で、添接板*のこと。

部材*の添接*において、部材を接合するために側面に添える鋼板(図-2)。

[も]

モーメントプレート† moment plate

鋼げたの腹板*の添接*において、ボルトやリベット*を腹板の応力分布に合わせて効率的に配置するため添接板*を分割することがある。この場合腹板の縁部に設ける添接板をモーメントプレート、中央部に設ける添接板をシアプレート*という。一般には上下2枚のモーメントプレートと1枚のシアプレートをを用いるが、合成げた*などでは下側1枚のモーメントプレートと1枚のシアプレートをを用いる場合もある(図-3)。

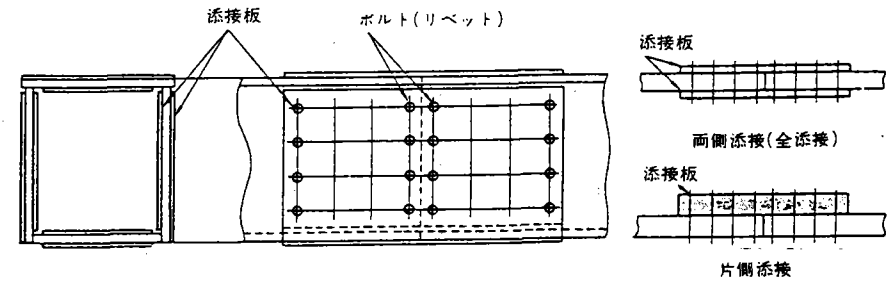


図-2 添 接

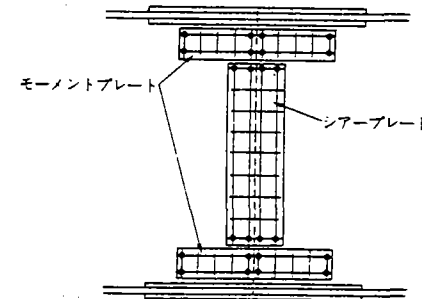


図-3 モーメントプレート

や行

〔や〕

やせうま (—馬)

プレートガーダー*のウェブ*など薄い鋼板にリブ*を溶接*した場合、中間部のウェブが溶接ひずみにより面外変形し、やせた馬のあばら骨のように見えることから、このような溶接ひずみ*をやせ馬あるいはやせ馬形式の変形と呼ぶ。通常加熱矯正法*により矯正される。

やわら† (柔) softner

部材*などをワイヤロープ*でまいてつる場合に、部材やワイヤロープが損傷しないように部材のかどのワイヤロープとの接触部にはさみ込む布、ゴムなどをいう (図-1)。

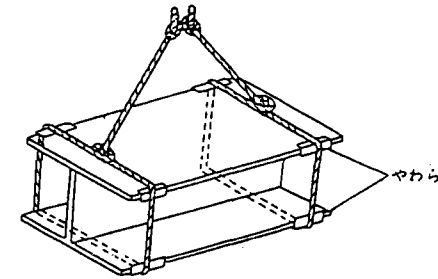


図-1 やわら

〔ゆ〕

ユーボルト (U—) U-bolt

U字形の鋼棒の両端にねじを切った金具。ワイヤロープ*のクリップ*留めなどに用いられる。ロクリップ (P.10 図-4)。

〔よ〕

ようせつきんぞく† (溶接金属) weld metal

溶接部において、溶接棒*から溶融した金属 (溶着金属*) と母材が溶融したものが混合し、凝固した部分をいう (図-2)。

ようせつけっかん (溶接欠陥) flaw (defect) of welding

溶接部の欠陥。溶接*の品質の良否は、材料 (母材と溶接材料) の良否、施工の良否および技量 (溶接作業) によって定まるものである。溶接には、非常に多くの因子が重なり合って影響を及ぼすためにこの適合性を欠き、欠陥が生じることがある。これらの欠陥として、①継手形状不良、②ビード形状不良、③われ、④内部欠陥、などがあげられる。

ようせつひずみ (溶接—) welding deformation, welding distortion

溶接*において、溶融した金属が凝固する際に収縮するために生ずる部材*の変形をいう。継手*の種類、溶接の順序、方法あるいは部材の拘束状態などにより多くの種類がある。溶接ひずみを最小にするには、①溶接順序の検討、②逆ひずみ*、ひずみしろなどの予防法、③機械的あるいは加熱冷却による矯正法などの方法がある。

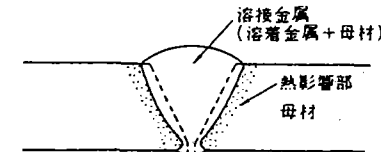


図-2 溶接部のマクロ組織

よここう† (横構) lateral bracing, lateral

風や地震など橋に作用する水平荷重に抵抗するため、けた* (トラス*) を相互に連結する水平あるいはほぼ水平に組まれた骨組構造。けた (トラス) の上側部分に配置したものを上横構*、下側部分に配置したものを下横構*という。おうこう, (図-3)。

よねつ (予熱) preheating

溶接*またはガス切断*の作業に先立って、継手部あるいは切断部に熱を加えること。急加熱急冷却によるわれ*の発生をふせぐことを目的とし、ガス炎や電気抵抗体などを用いて行われる。

よもり† (余盛り [溶接の]) reinforcement of weld

強さから要求される厚さ以上に溶接金属*を余分に盛上げた部分。補強盛りともいう。溶接金属の強さは一般に母材より強く、補強としての価値はあまりなく、余盛りすることによって下層の溶接金属を焼なまして組織を改善する効果がある。しかし、過度の余盛りや形状不良の余盛りは疲労強度などの低下の原因となるので注意が必要である。

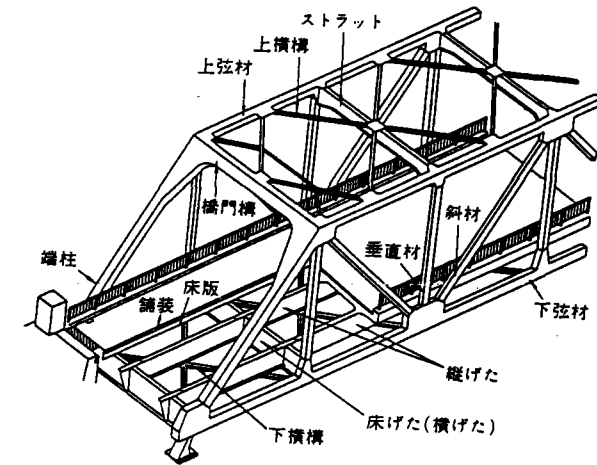


図-3 トラス各部の名称

〔リ〕

リーマー reamer

リベット*孔やボルト孔をあける場合、まず小さな孔をあけて、これを正規の孔に広げることがある。この拡孔に用いるキリをリーマーという。また、拡孔することをリーミング (reaming) あるいはリーマー通しという。

リーミング reaming

○リーマー

〔る〕

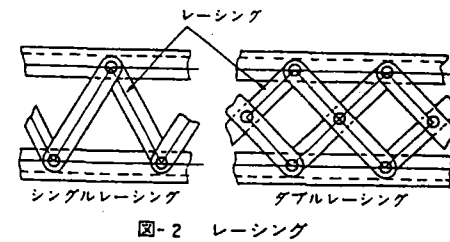
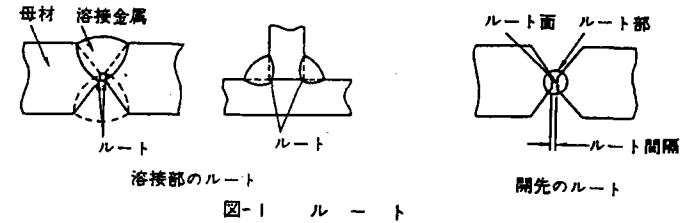
ルート† root

溶接金属*の底部と母材の接触する部分をいうが、単に開先*の底部やすみ肉溶接*における母材の交差部をさすこともある (図-1)。

〔れ〕

レーシングバー lacing bar, latticing bar

形鋼*あるいは鋼板を組み立てて部材*とするいわゆる組合せ部材*において、それらを組み立てるために組む綾状の構造をレーシング (綾工) といい、それに用いる帯状の鋼片をレーシングバー (綾片) という (図-2)。



〔わ〕

われ[†] (溶接部の) weld cracking, weld metal cracking

溶接^{*}部のわれには、溶接金属^{*}に生ずるものと、熱影響部に生ずるものがある。おもに溶接金属が凝固する際の収縮や拘束応力によって生じるもので、水素や溶接熱による急熱急冷によるぜい化によって助長される。溶接金属われには、凝固温度範囲またはビード^{*}直下で発生する高温われと、約 300°C以下で発生する低温われに大別される。また発生場所、方向および形状で次のように分類されている (図-2)。

- ① 縦われ：溶接ビードに平行なわれ。
- ② 横われ：溶接ビードに直角方向のわれ。
- ③ 星われ：放射状に生じたわれ。
- ④ ビードわれ：溶接金属に生じたわれ。
- ⑤ クレータ^{*}われ：溶接ビードのクレータ^{*}に生じたわれ。
- ⑥ 趾端部われ：母材の面と溶接の表面が交る点 (趾端) から発生したわれで、母材の熱影響部に生じ、冷間われが多い。
- ⑦ ビード下われ：熱影響部われの一種で母材の表面まで達しないもの。冷間われのことが多い。
- ⑧ ルートわれ：ルート部に発生するわれで冷間われのことが多い。
- ⑨ ヒール・クラック：すみ肉溶接のフランジ側の板表面のルート部から発生する冷間われの一種。

発生温度	われ名称	われの形状例	発生温度	われ名称	われの形状例
低温	ルートわれ (縦われ)		低温	変形われ	
	縦われ			多層すみ肉 われ (ラノラテア)	
	横われ		高温		粒界マイクロ われ
ビード 下われ		クレータ われ			
トウわれ		梨形 われ			
ヒール クラック					

図-2 わ れ