

タカラ技研株式会社 正員 ○ 池田 圭一
 大阪大学溶接工学研究所 正員 堀川 浩甫
 阪神高速道路公団 中本 覚

1. はじめに 最近、鋼桁の著しい腐食が発見されている。その原因は床版や伸縮継手からの漏水によるものである。今回、その腐食箇所が阪神高速道路環状線内にある2径間連続桁主桁のスパン中央であり(図1)、その路下は大阪ミナミという繁華街の交差点中央に位置し、地下は地下街、地下鉄と4重に重なった都市環境にある。このためベントを用いず腐食部の取替を行った。実施計画に於いて腐食部を取替る際、力の迂回路を設ける案を採用した。この工法をバイパス工法と名付け、取替部材の取付方法は、フランジを溶接、ウェブを高力ボルトの併用とした。この工法の有効性を確認すべく実験を行い、実施した。

2. 現状調査 腐食部はウェブ下端より下フランジにかけて橋軸方向に約2300mmまで及び、垂直補剛材においては著しく、穴があいた状態で、現状の断面把握のため超音波探傷にて肉厚のチェックの結果、設計厚に対して ウェブ 9mm→3.8mm 下フランジ 16mm→10.6mm 19mm→17.4mmが確認された。

3. 補修方法の検討 腐食錆部をサンダー等により除去し塗装仕上げる補修案、錆部を除去後カバープレートを溶接にて断面補強する補強案、腐食部を取除き元通りの部材に取替える取替案に分け、それぞれの条件、問題点をあてはめ検討した。応力照査の結果、補修案は不適合、腐食が著しいため溶接接合部が不均一、又、剛性の均一性が悪いとため補強案も不適合とされ、ベントを用いない取替案の採用となった。供用下にあるスパンの中央という悪条件から安全を期してウェブ及びフランジの双方にバイパス材を設け、取替部材の接合はフランジは溶接接合、ウェブは高力ボルト接合とすることとした。

4. 実験 実験はA実験とB実験とに分けて行った。A実験は静的荷重を0→2t→18t→34t→50tに加え、応力の流れをチェックした。B実験はアクチュエーターにより振幅0.2mm-10Hz、2mm-2Hzの2通りの振動を与え、ガス切断、溶接等の作業を行いそのチェックをした。試験体は I-600×200×8×12(A実験)、I-700×250×9×16(B実験)である。

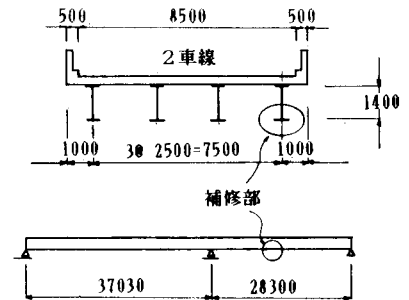


図1 一般図

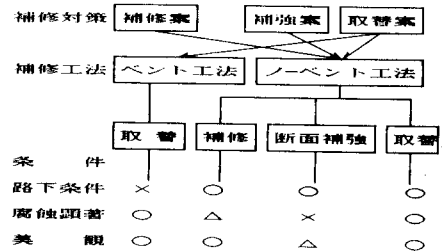


表1 補修案の決定

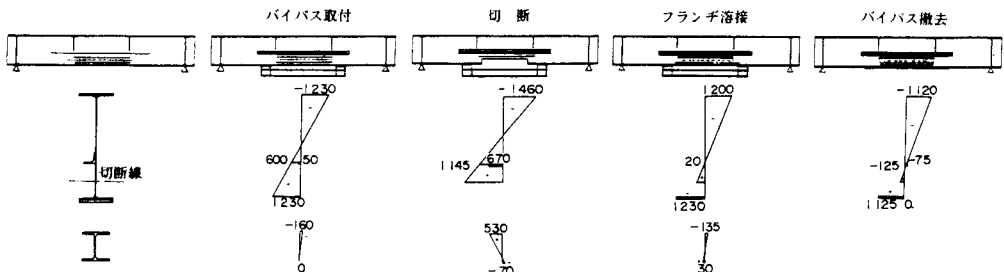


図2 ステップ図・応力度図

A実験によれば、応力度図に示す様にガス切断時バイパスに応力が転嫁された。取替部材は仮締めた時は無応力であったが、溶接施工後、溶接収縮により約 $1200\text{kg}/\text{cm}^2$ の応力が働いた。これは切断前の数値と一致し、バイパス材の応力は無応力に戻った。

B実験においては、実橋の足場を想定し試験体に足場を設け、その足場の上で溶接施工した。マクロ試験の結果、初層部分（V開先形状、裏波溶接部）に割れが認められ、その割れは、①応力集中箇所からは割れていなく、②初層の中で最後に固まった所に生じたものと推定された。更にこの割れの時期及び要因を知るべく光学顕微鏡及び電子顕微鏡にて組織、破面を調査した結果、①中央部に多い空洞部、②割れ口に見られる両側の形状が同じ部分、③先端の細い部分、に分けられる。それぞれ電子顕微鏡の写真と対比すると、①空洞部は高温時の凝固割れ、②割れ口附近は凝固後の冷却過程の延性低下温度域において高温割れにひずみが集中して割れを生じ開口したもの、③先端の細い部分は低温割れと推定された。

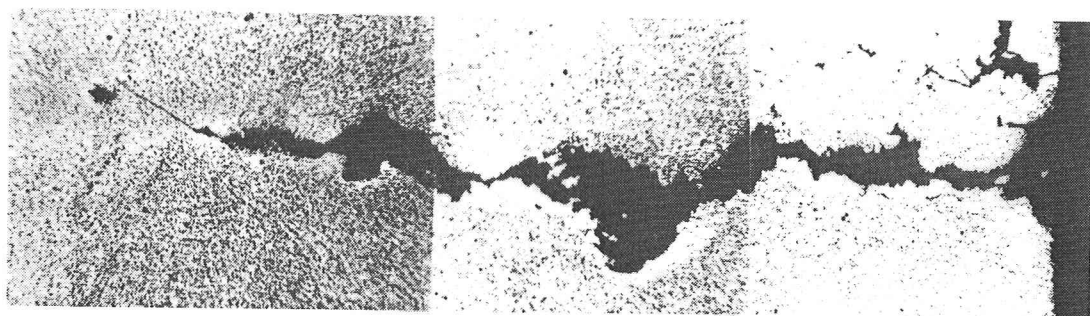


図3 割れ

5. 補修方法の決定 A実験の結果、バイパス工法及びフランジ溶接の効果が得られた。しかしB実験振動下に於ける溶接施工において、融合不良、ワレ等の欠陥を避けるににくい事が判明した。これらの欠陥を避けるため次の対策をとる事とした。①最大限振動を少なくする。②開先形状をXにし、ガウジングにて欠陥層を除去する。③ルート間隔を最大限 $1\sim 0\text{mm}$ に近づける。④溶接線と交差するウェブにスカラップ（40R）を設ける。⑤エンドタブを設ける。⑥溶接作業者はリレーパス方式とする。⑦昼間作業とする。

6. 現場施工 実験で得た結果を反映し施工を行った。通行止めは不可能のため直上片側一車線を交通規制した。又、2径間連続桁であるので側径間にカウンターウェイトとして $25\text{t}\times 2$ 台を載荷した。応力測定の結果、カウンターウェイトにより下フランジで $300\text{kg}/\text{cm}^2$ の応力の低減が計られた。バイパス材には実験値ほど顕著ではなかったが応力が転嫁される事が確認された。腐食部を切断したときに開放された死荷重応力はフランジ $320\text{kg}/\text{cm}^2$ 、ウェブ $700\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。取付けられた新部材には実験と同様に溶接収縮によりフランジ $610\text{kg}/\text{cm}^2$ 、ウェブ $320\text{kg}/\text{cm}^2$ が導入され、溶接施工により元通りの働きに戻った事が判明した。更に交通開放後、下フランジには $920\text{kg}/\text{cm}^2$ の応力が生じていた。溶接施工時は磁粉探傷、カラーチェック、超音波探傷、レントゲンにて検査の結果、合格を得た。

7. おわりに 本施工にあたり約10ヶ月の期間を要した。その内、現場施工は2週間程度であったが、綿密なる計画性と実験で得た資料とが安全な施工に結びついた。複合した都市の中で鎬を削って走る高速道路網にバイパス工法の有効利用が得られ、又、溶接収縮による応力がプレストレス応力として働く事が判明した。

本実験を行うにあたり大阪大学 鈴木博之博士、中辻義弘技官の協力を得、本工事の計画、施工にあたり阪神高速道路公団本社保全施設部 林 秀侃係長、大阪管理部中村一平係長の協力を得た。記して謝辞とする。