

I-123 変動荷重下における上向き補修溶接実験

首都高速道路公団 正会員 桑野 忠生

” 半野 久光

1, まえがき

首都高速環状線宝町付近の外回り線拡幅工事は、首都高速の交通渋滞対策の一環として現在施工中である。この工事のうち、4主桁の単純合成I桁RC床版橋の改造にあたり、変動荷重下で主桁下フランジに補強逆T型部材を現場溶接する必要が生じた。今回のように交通開放下で実施される溶接では、自重による静荷重が常時作用しているうえに活荷重による変動荷重（変位）が作用し、更に上向き溶接となるため一般に溶接欠陥が発生しやすい。この欠陥のうち主なものは、溶着金属の溶落ちや溶込み不足、溶融池不良、高温割れ等で、変動荷重、とりわけ開先面での相対変位が原因であると考えられている。本検討は、こうした状況を踏まえて実橋の振動測定を行い、その結果をもとに実験桁に変動荷重を与え補強溶接の再現を行い開先部の変位や溶接方法、溶接部の品質の確認を行うこととした。

2, 実橋の振動測定

補修溶接に先立って、実橋の応力、変形挙動を把握するために、主桁下フランジ中央部に1軸歪ゲージと変位計を設置し、活荷重たわみと応力振幅を現場測定した。計測方法は1時間おきに10分間の測定を24時間行うこととし、測定した波形は、代表的な波形を5分間に編集し、実橋のサンプルデータとした。得られた計測結果は以下の通りである。(1) 活荷重応力の最大は $81\text{kg}/\text{cm}^2$ （設計値 $463\text{kg}/\text{m}^2$ ）(2) 活荷重たわみの最大は 2.0mm （設計値 5.6mm ）。(3) 変形挙動は、 0.25Hz の静的たわみと約 5Hz の橋梁の固有振動数が重なった形状を示している。(4) 交通量は $12,000$ 台/日で、大半は普通乗用車である。

今回の計測箇所は首都高速8号線の環状線内廻りの合流部で、比較的大型車が少ない箇所のため各数値は小さめの値を得ている。

3, 溶接試験

3-1 実験の背景

今回のような変動荷重下でのフランジにおける上向き溶接では、開口変位とその変位速度、桁の振動数、応力状況、溶接材料等が品質に大きく影響すると考えられる。そのなかでも、今回の場合は、図-1に示すような鉛直たわみによる開口モードと水平方向のせん断モードが合成された開口変位の発生が予想され、この点が本実験の特徴となっている。また従来、変動荷重下での溶接で検討されている内容として、突合せ溶接、スリット付平板溶接、前面及び側面すみ肉溶接等が挙げられるが、上向きのすみ肉溶接での検討は行われていない。この様な経緯からも実験を行うこととした。

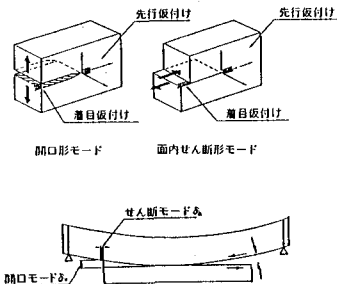


図1 開口変位

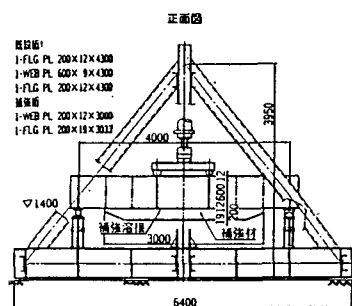


図2 実験装置

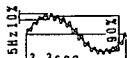
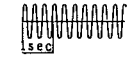
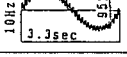
試験体	振動数の組合せ
試験体A	0.3Hz(90%) +5Hz(10%)  5Hz 10% 3.3sec
試験体B	3Hz(100%)  1sec
試験体C	0.3Hz(95%) +10Hz(5%)  10Hz 5% 3.3sec

表1 実験条件

なお、開口変位と振動数を同時に評価する方法として両者の積からなる開口変位速度を用いて整理することとした。

3-2 実験方法

実験は図-2に示す載荷装置を用いて、桁長4m桁高600mmの桁試験に3mの補強材を取り付けることにより行った。載荷荷重は死荷重については設計値の700kg/cm²とし、活荷重については300kg/cm²とした。特に活荷重は実測値が81kg/cm²と測定されていたが、今回は当公団他橋の実測結果で主桁下フランジにおいて200～400kg/cm²程度発生しているという報告も勘案してやや高めに設定した。

振動条件は表-1に示すように、実測データを基にモデル化することとした。試験体は3体とし、いずれも実橋と同様にアクチュエーターで振動を与えた状況で上向き溶接を行った。

試験の手順は図-3に示す手順で行った。最初に中央部に仮付けを行い、その後に両端部の仮付け溶接を行う。仮付け終了後、3層にわたるシール溶接を行うこととした。計測は桁と補強材下フランジの応力度、鉛直たわみ及び開口変位量を測定することとした。

3-3 実験結果

開口変位の変動状況を図-4に示した。この状況は試験手順の③の場合である。

このように開口変位は仮付け溶接が始まって20～30mmの段階で減少が始まり80mmの仮付け溶接が終了すると、ほぼ収束した状態となる。さらに、開口変位の開口モードがせん断モードより3～5秒遅れて収束していることが解る。

開口モードの変位速度は0.61～1.20mm/sとなり、せん断モードの変位速度は0.29～1.02mm/sとなった。試験体B（振動数3Hz）が最も大きい。文献から得られている限界変位速度（割れの発生）より大きい値でも割れの発生は見られなかった。なお、せん断モードは限界変位速度よりかなり小さい値を示した。

試験体中央のたわみと補強材の応力度の移行状況を図-5に示す。いずれもたわみと応力の変動は第一層の溶接終了時までにはほぼ収束し、第二層目以降は変化していないことがわかる。これについても、試験体Bのほうが他よりも早く、仮付け終了時にたわみ変化が収束しており、たわみ収束に振動数の影響があると判断される。溶接の品質性については、ルート部にブローホールが比較的多く見られたが、有害な割れはいずれも検出されず、必ずしも疲労強度上問題とは思われなかった。

また、別途に振動が上向き溶接の施工性に及ぼす影響を検討した。その結果、実橋の0.3Hzでは振幅が6mmでも作業性に与える有害な影響は見られなかった。3Hzでは振幅4mmまで溶接が可能であったが振幅6mmでは溶接が困難であり、全線にわたりビート不良、アンダーカットがみられた。なお、10Hzの振幅1mmでは作業者の目に残像が残り作業性は非常に悪いことがわかった。

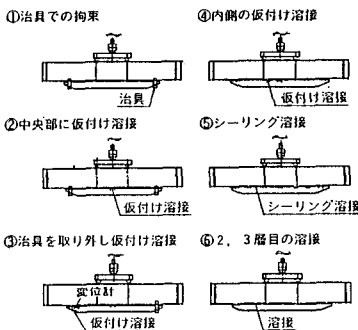


図3 実験手順

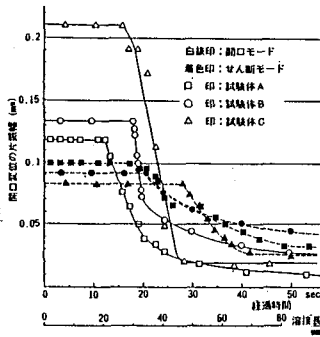


図4 開口変位の収束

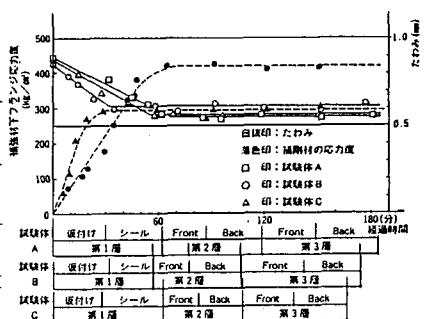


図5 補強材の応用移行