

阪神高速道路公団 正員 鈴木 巖
 同 上 正員 山崎 鷹生
 日立造船株式会社 大澤 守彦

1. はじめに

既設橋梁の補強工事に溶接接合を採用するに際して各種の問題点が挙げられるが、振動もその要因の1つである。橋梁の振動は、通常単純なたわみ振動だけでなく極めて不規則な振動が生じており、このような振動及び振動に伴うひずみ振幅が、溶接部あるいは溶接中断、短絡など溶接作業性に影響を及ぼすことが考えられる。そこで供用中の橋梁の振動計測を実施し、その結果得られた振動変位量を振動条件として溶接実験を行い、振動時に溶接した場合の溶接部及び溶接作業性に及ぼす影響について調査した。図-1に振動計測結果を示す。

2. 実験方法

(1) 溶接方法 ①供試材料 SM50は溶接割れなど欠陥が生じやすい鋼種であるため、被溶接部材としてSM50Aを主体とし一部SM58を使用した。また板厚は主として実橋のI桁の腹板とフランジの代表値9^{mm}及び30^{mm}とした。②溶接条件 補強溶接が主としてすみ肉溶接であるためすみ肉溶接を基本とし、溶接姿勢は立向き及び上向きとした。また道示では、SM50は板厚25^{mm}以上、SM58については板厚に関係なく予熱して溶接施工するように規定しているが、既設橋梁に予熱を適用すると桁の耐力の低下、熱ひずみによる桁・高力ボルト締付け部の変形など予熱なしの場合に比べて助長される恐れがあるので実験では予熱なしとした。予熱を必要とする鋼種には極低水素系溶接棒を使用した。③溶接作業者 現場では必ずしも技量の優秀な作業者とは限らないが、実験では溶接部に及ぼす影響の把握を目的としているので技量の優秀な作業者とした。

(2) 調査方法 振動条件としては、振動溶接実験で対象とする振動数域を実橋振動計測結果に基づき3～300Hzとし、0.3Hzについても実験を行った。付与する変位両振幅は、各振動数に対応した最大変位両振幅を基準値 V_b と定めて V_b の1倍、5倍、10倍の3種類とした。①加速度効果振動溶接実験 加速度が割れ、結晶粒度などに及ぼす影響及び剛体変位の振幅がビード形状、内部欠陥に及ぼす影響を調査する。実験条件を表-1に示す。②ひずみ振幅効果振動溶接実験 振動に伴うひずみ振幅及びひずみ速度が溶接金属の高温割れなどに及ぼす影響を調査する。③腹板の実橋振動モード再現溶接実験 腹板部では複雑なモードの振動が生じており、垂直方向の各位置では剛体変位、加速度及びひずみのいずれもが不均一な分布を示している。そこで、振動の不均一な腹板部に補強部材を溶接する場合の近似させた実験を行う。④不規則振動下での溶接作業性実験 振動の不規則性による作業性の低下の度合を調査するものであり、垂直方向及び面外方向に振動を不規則に負荷して溶接実験を行う。⑤振動下における仮付け溶接実験 仮付け溶接は予熱しないことを前提として、かつ極低水素系の溶接棒を使用することにより、道示に規定されている仮付け溶接長さ80^{mm}以上よりも短い仮付け溶接長さで低温割れが生じるかどうかを調査する。仮付け溶接長さは、5、20、40及び80^{mm}の4種類に変えて行う。

(3) 溶接部の評価方法 上記各試験による溶接部の評価方法は、①ビード外観検査 ②X線検査及び磁粉探傷 ③ビード断面マクロ及びミクロ観察 ④溶接継手の機械試験 により行う。

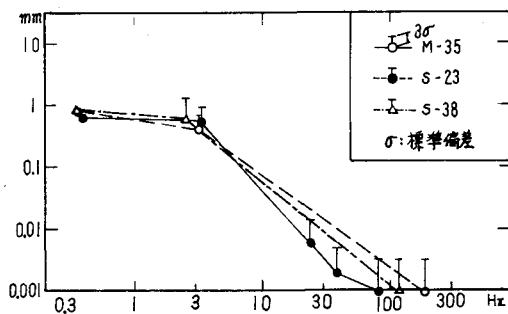


図-1 主桁のたわみ振動における各振動数域と最大変位両振幅

3. 実験結果とその考察

振動下での各種溶接実験の結果に基づき溶接条件、振動条件のパラメータに対する溶接許容範囲の検討は、主として巨視的欠陥（ビード形状、ブローホール、割れ）を対象として行った。実験の繰り返し数は2回程程度と少なく明確なことは言えないが、次のことが考えられる。

(1) 腹板部のすみ肉溶接を対象とする場合、立向き上進溶接では垂直、面外振動いずれの振動方向に対しても、ビード形状特にアンダーカットが影響を受けており、振動数3Hzにおいて多く発生している。またビード外観に与える影響は垂直方向の振動の方が面外振動よりも大きい。(図-2) 溶接部の主な内部欠陥は、フローホール、ルート部の溶込み不足、融合不良であり、フローホールは $\frac{1}{6} \times 5$ 程度以内であれば継手品質をそこなうほどには発生しない。(図-3, 4) 溶接ビード外観の検査及び手直しが実施されるのであれば、SM50A(板厚25mm以下)は、低水素系溶接棒(LBM52)との組合せにおいて $\frac{1}{6} \times 5$ 以下の範囲で、通常の溶接施工により補強工事が可能であると考えられる。

立向き下進溶接では、垂直振動に対しては $\frac{1}{6} \times 10$ の振動量でもビード外観、フローホールの欠陥については良好な結果を示しており、垂直振動に対して施工性の良好な溶接方法といえる。

(2) 振動時のひずみレベルと振動数については、SM50A、振動数90Hzの実験で平均ひずみ速度が10000 μ /secを越えるような振動ひずみが生じている供試体の溶接部に高温割れらしきものが検出された。このような高い振動ひずみ速度が生じる部材に対しては、さらにひずみ速度を考慮した高温割れ試験などを行い検討が必要であると思われる。

(3) 予熱なしを前提として低温割れの観点から極低水素系溶接棒(LB47A)を使用する場合は、振動下で仮付け長さが20mm以上であれば割れは生じていない。しかし、低温割れについてはさらに拘束割れ試験などの検討が必要と思われる。

4. むすび

振動下における実験結果によると、基本振幅の5倍程度までは2~3の注意を施せば施工可能と考えられる。しかし、溶接時の足場の変動及びその他使用中の溶接性に及ぼす影響について検討する必要がある。

表-1 振動条件 (加速度効果振動溶接実験)

振動方向	垂直振動						面外振動					
	すみ肉溶接			グレア溶接			すみ肉溶接			グレア溶接		
溶接の種類	0	0.3	3	30	90		0	0.3	3	30	90	
振動数(Hz)	0	0.3	3	30	90		0	0.3	3	30	90	
振動幅(mm)	基準値	-	0.6	0.02	-		0	0.6	0.02	-		
面振幅	$\frac{1}{6}$	-	3.0	0.1	-		0	-	0.4	0.03	-	
	$\frac{10}{16}$	0	10	0.02	0.03		0	10	0.02	0.03	0.4	0.03

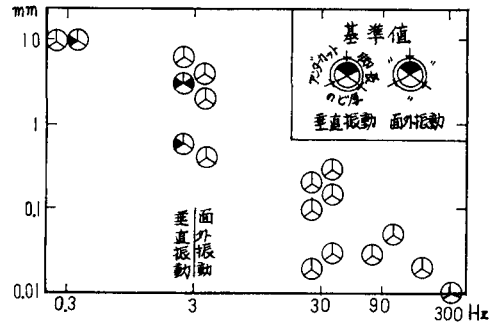


図-2 ビード外観検査(立向きSM50A)

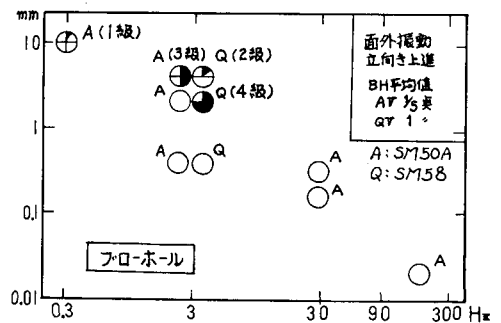


図-3 すみ肉溶接部X線検査

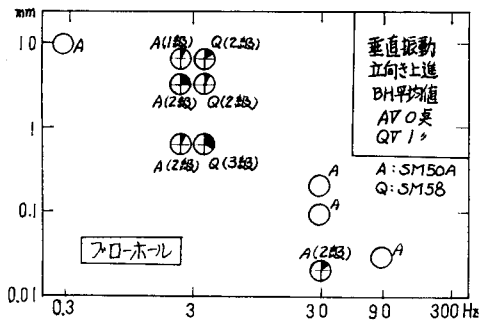


図-4 すみ肉溶接部X線検査