

〔実験報告〕 溶隔亜鉛メッキ桁の実験について

嶋 村 尚 久¹⁾ 佐 藤 行 清³⁾
千 歳 耕 一²⁾

溶隔亜鉛メッキが鋼桁の形状にどのような影響を与えるかについて、桁の形状が対称であるかどうか、また溶接施工方法の相異によってどうなるか、矯正方法による影響をどの様に受けるのかについて調査し、今後の製作手法のあり方について示したものである。

まえがき

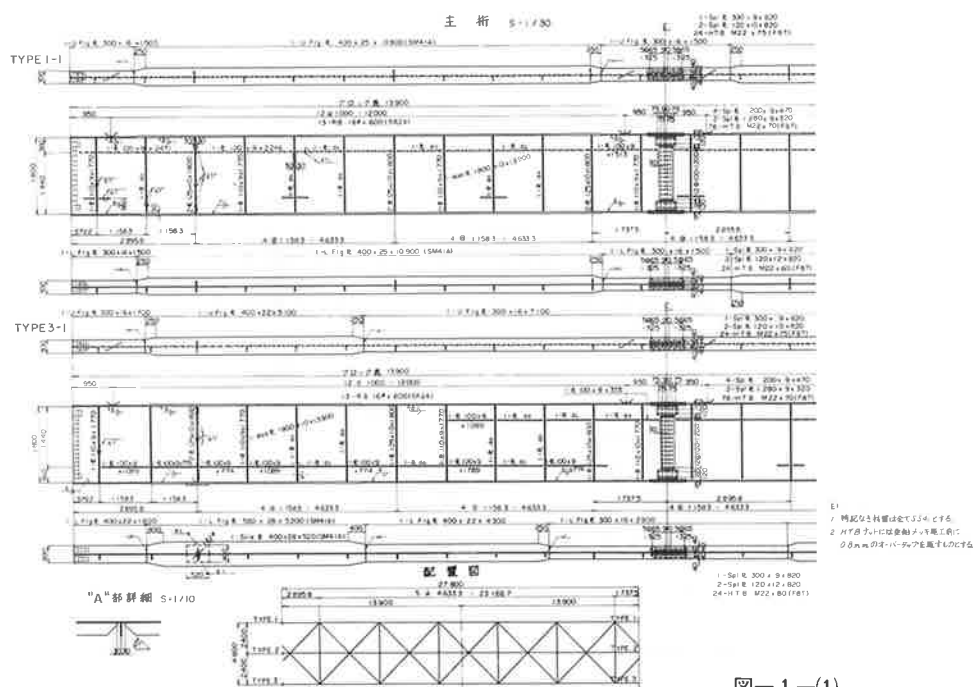
近年、鋼橋の防錆に対する維持管理費用を低減させるために、優れた防食効果を有する溶隔亜鉛メッキを施した全溶融亜鉛メッキ桁の製作が実施されている。全溶融亜鉛メッキを鋼橋に適用する場合、我々鋼橋の製作者にとってはメッキ浴の高温状態によって生じる桁の変形（腹板のはらみ、桁全体のネジレ等）、またこの生じた変形を従来の塗装桁のように加熱によって矯正できないことが大きな問題である。従って、この変形の点に注目し、桁自体の形状効果（桁自体の対称性）がメッキ後の変形にどの程度の影響をあたえるか、また製作手法（溶接施工方法、矯正方法等）の相異がメッキ後の形状にどのように影響するのかについて調査を行った。この結果について以下に報告する。

1. 試験体の形状・寸法

試験体の形状、寸法を図—1に示す。試験体は全て桁高1,800mm 非合成钣桁を想定し、桁自体としては、上下、左右ともにフランジが対称性を有するTYPE-1、上下は対称であるが、左右は非対称であるTYPE-2、上下、左右ともに非対称であるTYPE-3の3種類の桁を各2台ずつ、計6台を製作した。

2. 製作手法

TYPE-1、TYPE-2に対しては、それぞれ各1台ずつ製作手法（溶接方法、矯正方法）を変えて製作した。またTYPE-3については組立方法も変えて製作した。スチフナーの溶接については溶接順序による影響をさけるために、溶接作業者2名により中央から振り分ける施工法をとった。この時、桁の変形による割れを防止するためにスチフナーの両端50mmについては低水素系の溶接棒で溶接を行った。



図—1—(1)

1) 大阪工場製造課

2) " 技術課副課長

3) 大阪工場品質管理課

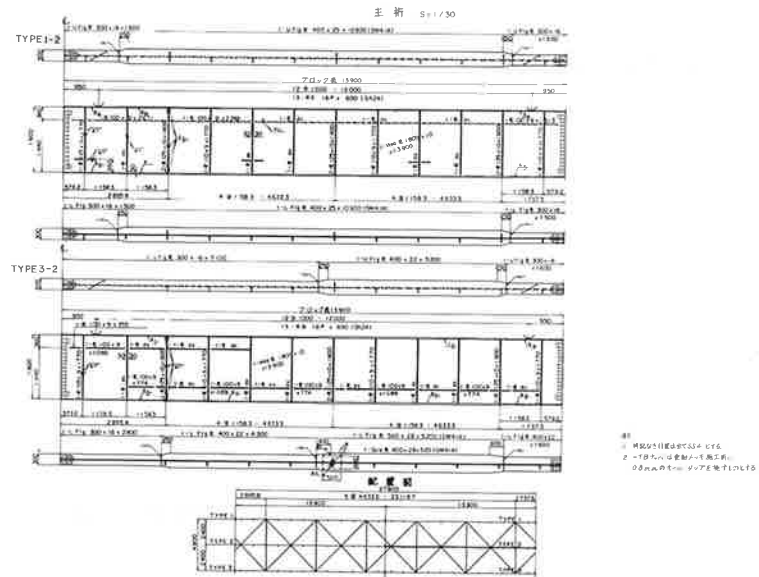


図-1-(2)

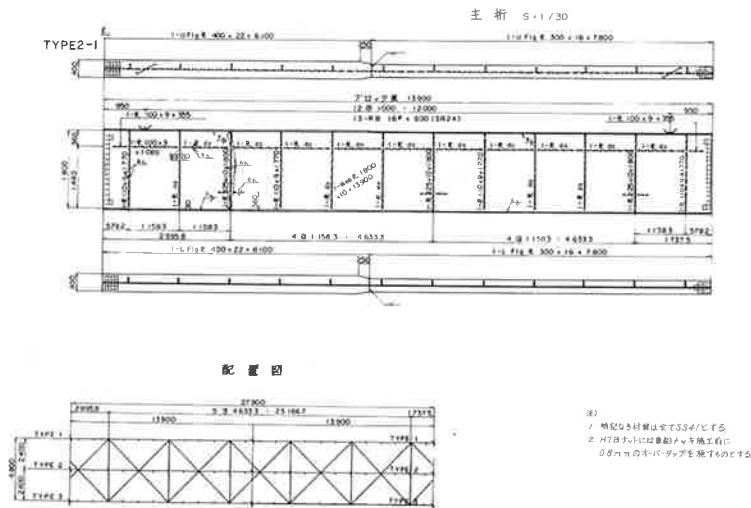


図-1-(3)

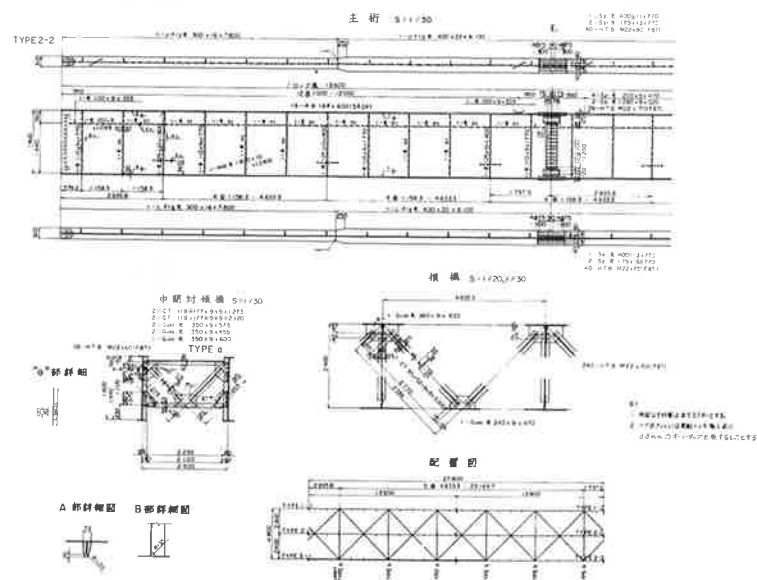
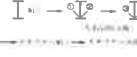


図-1-(4)

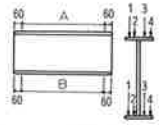
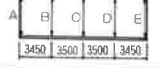
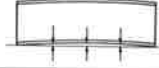
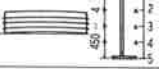
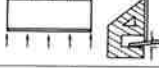
表一 試験体の製作手順

	突合せマ ーキン 穿孔化	フランジの 角変形	フランジの 大曲り	フランジの 逆歪	組立(溶液)	I形溶接後の ウェブとフランジの変形の矯正	スチフナーの溶接順序	ウェブやせ馬の 矯正	ウェブ桁端の はらみ矯正
TYPE1-1	従来通り	プレスにより 矯正	加熱 矯正	プレス 従来通り		 (注)変形量測 加熱矯正		スチフナー上の 線状加熱	線状加熱
TYPE2-1	従来通り	同上	加熱 矯正	プレス 従来通り	同 上	(注)変形量測 加熱矯正	同 上	スチフナー上の 線状加熱	線状加熱
TYPE3-1	従来通り	同上	加熱 矯正	プレス 従来通り	同 上	(注)変形量測 加熱矯正	同 上	スチフナー上の 線状加熱	細状加熱
TYPE1-2	従来通り	プレスにより 矯正	加熱 矯正	プレス 従来通り		(注)変形量測 加熱矯正	同 上	プレスによる 矯正	プレスによる 矯正
TYPE2-2	従来通り	同上	加熱 矯正	プレス 従来通り	同 上	(注)変形量測 プレス矯正	同 上	プレスによる 矯正	プレスによる 矯正
TYPE3-2	従来通り	同上	加熱 矯正	プレス 従来通り	スチフナーまで丸組立 ↓ 溶 接		同 上	プレスによる 矯正	プレスによる 矯正

3. 試験体の計測要領

試験体の寸法、および歪量の測定は溶接完了後、矯正後、溶融亜鉛メッキの完了後の各時点において行った。計測項目、計測方法を表一2に示す。

表一2 桁の歪測定項目及び方法

測定項目	測 定 箇 所	測 定 方 法
桁の全長		50m テープ テープ張力 5 kg
腹板高さ		
対角線長		50m テープ テープ張力 5 kg
キャンバー		両端を基点としてピアノ線及びスキマゲージで測定する。 (桁は横に倒す)
ウェブのやせ馬		スチフナー間に水糸をはりウェブとの間をスキマゲージで測定する。
桁の通り		両端を基点としてピアノ線及びスキマゲージで測定する。
桁のねじれ		桁上端より、さげふりをたらし、下端との差(δ)をスケールで測定
上、下フランジの直角度		左図の如く定規を測定箇所にあて、δをスケールで測定する。
桁端ウェブのはらみ		ウェブ上、下端間に水糸を張り、スキマゲージで測定する。

4. 溶接亜鉛メッキ

溶融亜鉛メッキについては、メッキ時の浴温、浸漬時間、浸漬方向による変形の影響を受けないように全ての桁について一定とした。メッキの施工は従来より豊富な施工経験を有する田中亜鉛(株)にて行った。

5. 計測結果

5-1 桁長および桁高

桁の長さ方向および桁高の収縮量を表一3に示す。この結果、桁の長さ方向の収縮量はI形スミ肉溶接を水平スミ肉サブマージアーク溶接で行い、加熱により矯正したTYPE1-1、TYPE2-1、TYPE3-1については12mm～15mmとなった。I形スミ肉溶接を全自動MIG溶接で行い、I形溶接後の矯正を加熱で行い、ウェブの矯正をプレスで行ったTYPE1-2については9mmの収縮量であった。またI形スミ肉溶接を全自動MIG溶接で行い、矯正を全てプレスで行ったTYPE2-2、および丸組手法を取りやはり矯正を全てプレスで行ったTYPE3-2は5mmおよび4.5mmの収縮量であった。桁の長さ方向の収縮量は溶接方法の相異にはまる入熱量の差、およびどの程度加熱矯正を行ったかによって決定される。次に桁高については-1.0mm～+0.5mmと従来のデータと同様の結果を示している。

表-3 桁長及び桁高の収縮量

桁 マーク	桁長の収縮量(mm)	桁高の収縮量(mm)
TYPE 1-1	-15	+0.5
TYPE 2-1	-12	-0.5
TYPE 3-1	-13.5	-1.0
TYPE 1-2	-9	-0.5
TYPE 2-2	-5	-0.5
TYPE 3-2	-4.5	-1.0

5-2 対角線長

メッキ後の対角線長さの差 (l_1-l_2) を表-4 に示す。この結果TYPE 1についてはTYPE1-1とTYPE 1-2の平均で5.5mm、TYPE-2については5.5mm、TYPE-3については2.8mmとなり桁自体の対称性は最終の対角線長さに対しては関係がないと考えられる。

表-4 対角線長さの差

桁 マーク	対角線長さの差(mm)
TYPE 1-1	2
TYPE 2-1	7
TYPE 3-1	1,5
TYPE 1-2	9
TYPE 2-2	4
TYPE 3-2	4

5-3 フランジの直角度

フランジの直角度をバーチカルスチフナー上で計測した結果を表-5 に示す。この値は矯正後とメッキ後の差を示している。この結果、フランジの直角度については溶接施工方法、矯正方法、またフランジの板厚、板幅にも関係がないと言える。

表-5 フランジの直角度

桁 マーク	フランジの種類	フランジ厚(mm)	フランジ幅(mm)	直角度(1)
TYPE 1-1	U, F	25	400	0.5
	L, F	25	400	0.3
	U, F	25	400	1.1
	L, F	25	400	0.3
TYPE 2-1	U, F	22	400	0.5
	L, F	28	560	0.7
	U	16	300	0.1
	L	22	400	0.1
TYPE 3-1	U	25	400	0.8
	L	22	400	0.3
	U	25	400	0.2
TYPE 1-2	L	26	560	0.1
	U	25	400	1.0
	L	25	400	0.2
	U	25	400	0.5
TYPE 2-2	L	25	400	0.2
	U	22	400	0.4
	L	16	560	0.5
	U	28	300	0.3
TYPE 3-2	L	22	400	0.2
	U	25	400	1.1
	L	22	400	0.6
	U	25	400	0.1
	L	26	560	0.4

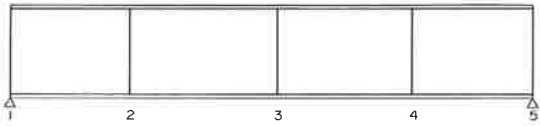


図-2 フランジの直角度測定位置

5-4 桁の通り

桁の通りについてはウェブのやせ馬の影響を避けるために、上フランジの上面および下フランジ下面のウェブ芯にて測定した。測定位置を図-3 に示す。また測定結果を図-4 に示す。この結果、スチフナー溶接後の上下フランジのズレ量の小さいものは、メッキ後もズレ量が小さい。

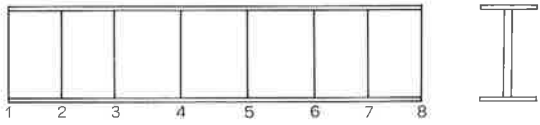


図-3

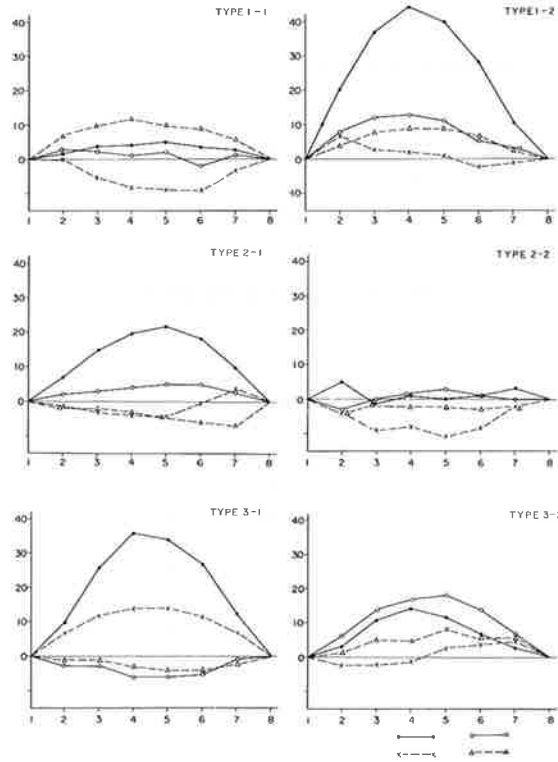


図-4

5-5 キャンバー値

製作時にはキャンバー値はレベルとし、上越し量についても考慮はしなかった。測定結果は表-6 に示すようにメッキによるキャンバーの変化はみられなかった。

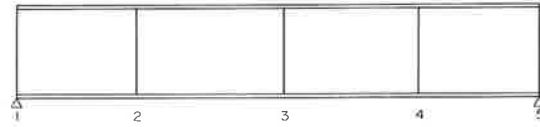


図-5 キャンバー測定位置

表一六 メッキ後のキャンパー値

桁マーク	1	2	3	4	5
TYPE 1-1	0	-2	-3	0	0
TYPE 2-1	0	-1	-2	-2	0
TYPE 3-1	0	-0.5	-2	-3	0
TYPE 1-2	0	+0.5	+1	-3.5	0
TYPE 2-2	0	-2	-2	-1	0
TYPE 3-2	0	+1	-2	-2.5	0

5-6 腹板のやせ馬量

腹板のやせ馬量をスチフナー溶接前、溶接後、矯正後、メッキ後の各段階について調べた結果を表-7に示す。この結果をみると6-4に示した桁の通りと同様に矯正の方法による差はない。また溶接施工方法の影響も受けていない。

表一七 腹板のやせ馬量

桁 マーク	スチフナー 溶接前	スチフナー 溶接後	歪取後	メッキ後
TYPE 1-1	4.2	5.3	1.5	14.7
TYPE 2-1	2.8	4.3	1.2	8.6
TYPE 3-1	4.4	4.7	1.0	6.5
TYPE 1-2	1.5	6.5	1.7	8.7
TYPE 2-2	1.6	1.9	2.3	6.6
TYPE 3-2	1.3	5.2	3.0	7.3

5-7 桁端腹板のはらみ量

桁端腹板のはらみ量をスチフナー溶接後、歪取後メッキ後について測定した結果を表-8に示す。これによるとメッキ後のはらみ量は歪取後のはらみ量の影響は受けておらず、むしろスチフナー溶接により生じたはらみ量が多いものが、大きくなっている。また丸組手法を採用したものははらみ量が小さい。

表一八 桁端腹板のはらみ量

桁 マーク	スチフナー 溶接後(mm)	歪取後(mm)	メッキ後(mm)
TYPE 1-1	15	1	9
	3.5	1.5	2
TYPE 2-1	3	1.5	3
	1	2	2
TYPE 3-1	1.5	1.7	4
	1	2	4
TYPE 1-2	4	0	2
	15.5	1	10
TYPE 2-2	10.5	1.5	3
	4.5	2	2
TYPE 3-2	22.5	1	3
	3.5	1	3

5-8 桁のねじれ

桁のねじれ量を桁両端における鉛直度の相対差で調べた結果を表-9に示す。この結果は6-7「桁端腹板のはらみ量」と同様に溶接後のねじれ量の小さい桁はメッキ後も小さくなっている。また施工方法の影響は受けていないと考えられる。

表一九 桁のねじれ量

桁 マーク	スチフナー 溶接後(mm)	メッキ後 (mm)
TYPE 1-1	1	242
TYPE 2-1	9	608
TYPE 3-1	0	298
TYPE 1-2	16	455
TYPE 2-2	15	578
TYPE 3-2	8	570

まとめ

鋼桁の溶融亜鉛メッキによる変形状態を調査するために、桁の形状による効果、製作手法の相異が桁の最終形状にどのような影響を与えるかについて調査した。その結果について5-1～5-8に述べた。これをまとめると以下の様になる。

- (1) 桁の縮み代については加熱矯正による収縮量を従来より大きくとっておく必要がある。今回の実験では1mm/Mとなったがこの値に対しては今後メッキ桁の製作を行った時点で再度検討していく必要がある。
- (2) 従来、メッキ桁に対する歪取りは加熱矯正によるよりはプレスによる方が望ましいと考えられていたが、両者に対するメッキ後の結果には差はなかった。
- (3) 桁のねじれ量、腹板のはらみ量より考えると溶接施工終了時の変形がそのまま最終の形状に大きな影響を与えている。この為に溶接時の脚長管理等を十分に行い、溶接後の変形量を小さく抑える必要がある。
- (4) 桁自体の対称であるか、非対称であるかは最終形状には影響も与えない。