

I-300

溶融亜鉛めっき曲線箱桁の設計

(株)宮地鐵工所 正会員 伊藤 徳昭
日本道路公団 高松建設局 荒井 靖博

1. まえがき

鋼橋の防錆対策としては、塗装による方法が一般的であるが、跨道橋や跨線橋で桁下余裕が少ない場合、維持管理が困難となる。近畿自動車道で鋼板桁橋の溶融亜鉛めっきが本格的に採用され、多くの実績を残しているが、鋼箱桁橋の施工例は、豊田市の土橋橋側道橋の1例しか無く規模的には小さなケースである。

四国横断自動車道の川之江西ジャンクション橋は、曲線箱桁($R=100\text{m}$)であり主桁寸法も幅 2.4m 、高さ 2.5m と大きく、現有のめっき槽寸法を超える事から2分割してめっきした。本文は、めっき箱桁の設計について、検討した内容を報告するものである。

2. 工事概要

橋 長 ; 51.00m
幅 員 ; 10.70m
平面曲線 ; $R=100\text{m}$
構造形式 ; 鋼単純非合成曲線箱桁橋
鋼 重 ; 200ton
断面形状 ; 図-1参照

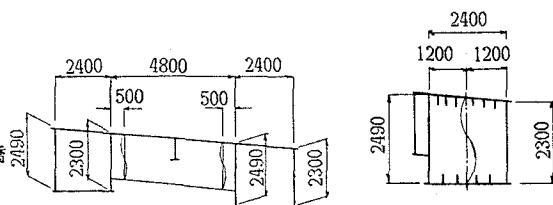


図-1

3. 亜鉛めっきと変形要因。

亜鉛めっき工程は、脱脂→水洗→酸洗→水洗→フラックス処理→めっき処理→水冷の手順で行う。めっき時に変形が生じる要因としては、

- ① 部材を浸漬する途中において、浸漬している部分と、浸漬していない部分に温度差が生じる。(比重が鋼材 7.85 に対し亜鉛は 7.14 と有り比重差が少ないので、浸漬に時間がかかる)
- ② 部材の温度上昇と共に、ヤング率の低下と、降伏耐力の低下が生じ、熱荷重による作用応力度が耐力を上回れば、降伏するか座屈(面外変形)する。
- ③ 部材には溶接による残留応力が存在している。その部材を 440°C に保持する事によって一部応力解放的な効果がある。
- ④ 亜鉛めっき後に水冷するが、瞬時に水中にはいる事から温度差を受けづに温度が低下する。塑性域が存在していた場合、変形となって残存する事となる。

4. 立体FEM弾塑性熱応力解析

亜鉛めっき途中の時刻歴を考慮し、溶融した亜鉛から受ける、熱伝達、熱伝導を境界条件として、部材の温度・作用応力度及び変形量について解析をおこなった。

(1) 解析条件

◆物理定数

	比重 t/m^3	熱膨張 係 数	融点 $^{\circ}\text{C}$	比熱 $\text{Kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$	ヤング率 t/m^2
鋼 材	7.85	12×10^{-6}	1536	0.111	2.1×10^{-7}
亜 鉛	7.14	33×10^{-6}	420	0.214	—

◆鋼材の降伏応力 SM50Y材 (kg/mm^2)

温 度 $^{\circ}\text{C}$	20	100	200	300	400	500
σ_y	36	34	31	26	25	22

◆熱伝達率 $=1.50\times 10^{-4}\text{ Kcal/cm}^2\cdot\text{sec}\cdot^{\circ}\text{C}$

◆熱伝導率 $=0.25\times 10^{-4}\text{ Kcal/cm}\cdot\text{sec}\cdot^{\circ}\text{C}$

◆部材の初期応力は、考慮しない。

(2) 解析ステップ

亜鉛めっき工程を、6ステップに分けて解析した。図-2に状態図を示す。

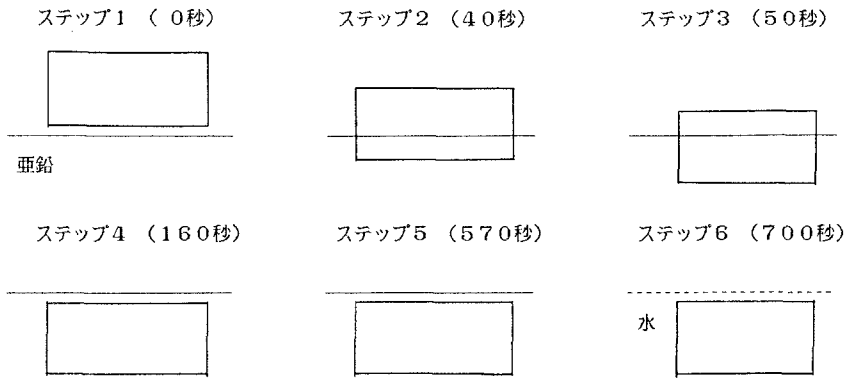


図-2

(3) 解析モデル

立体FEMモデルは、亜鉛めっき時の単品部材を対称と考え1/2とした。(図-3参照)モデルは、フランジ厚が18mmと25mmの二種類とした。

(4) 解析方法

解析は、鋼材温度を40°Cとし、溶融した亜鉛を440°Cとして熱伝導解析を行い、鋼材温度を計算した。次にその温度を熱荷重として載荷した。この時降伏応力の低下を考慮した弾塑性解析をおこなった。

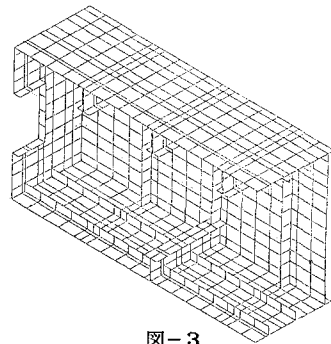


図-3

(5) 解析結果と考察

各ステップに於ける発生応力度の、 σ_1 と σ_2 の最大・最小値と変形量を下表に示す。

			tf=18mm					tf=25mm
			40秒	50秒	160秒	570秒	700秒	700秒
σ_1	上フランジ	max	538	255	412	-882	256	894
		min	-1561	-824	-482	-3163	-295	-598
σ_2 kg/cm ²	腹板	max	4109	3383	2573	1053	2498	2239
		min	-3405	-2459	-2234	-3620	-2042	-1750
	下フランジ	max	1758	1532	-110	-952	275	937
		min	1453	-739	-466	-3178	-384	-437
変形 mm	平面曲がり	上	6	4	2	4	0	1
		下	3	3	0	6	2	4
	部材の伸び 鉛直曲がり	上	0	0	20	11	2	3
		下	18	20	20	11	2	3
			20	20	0	0	0	0

腹板は、一時的では有るが大きな垂直応力度が生じる。特に浸漬途中の初期において顕著であり浸漬が進むに従って減少し、700秒の値が残留する事となる。フランジについては、亜鉛めっき槽中に保持している時に大きな値が生じる。

5. あとがき

FEM解析結果を参考に箱桁を2分割し、亜鉛めっきを行い無事、平成2月3月橋梁全体の亜鉛めっき後の組立を完了した。解析結果と実橋の変形形状は、良く一致している事から解析手法としては、妥当であった。