

阪神高速道路公団 正員 菅 戸 松 二
 東京都立大学 正員 堀 川 浩 甫
 阪神高速道路公団 正員 ○ 水 元 義 久

1. まえがき

70, 80^{kg}級高張力鋼が多量に使用された南港連絡橋の製作にあつては部材精度の確保および溶接欠陥防止のため高い組立精度が要求される。そのためグループ溶接時に発生した溶接角変形の除去は製作途上ある程度必要な作業となる。この種の高張力鋼を使用した構造物において最弱部部である溶接ボンド近傍に対し、プレス加工により角変形除去の際に残存する塑性歪は溶接熱サイクルによる脆化を更に助長することが予想された。またこの傾向は小型試験による予歪と破面遷移温度との関係にも大きく現われており、特にHT 80における溶着金属の予歪の脆性破壊発生温度の上昇率への影響は大きい。

一方、南港連絡橋の製作においては図-1に示される工程により角変形量は10^{mm}/1000^{mm}以下を目標に溶接施工しているが、本試験により角変形除去による溶接部の安全性を確認した。

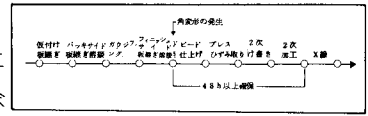


図1 南港連絡橋施工工程

2. 供試材および試験方法

供試材は板厚38^{mm}のHT 80で化学成分、機械的性質を表-2, 3に示す。

表2 供試材の化学成分

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	Cr _{eq}
E 9001	0.25	0.25	0.57	0.014	0.011	24	0.7	49	43	0.04	0.01	0.50

表-4に示される溶接材料を用いて表-5の溶接条件によりサブマージアーク溶接により施工した。なお、規定の初期角変形量として0, 10^{mm}/1000^{mm}および20^{mm}/1000^{mm}を確保するために溶接時には定盤により拘束して溶接した。

表3 供試材の機械的性質

鋼種	厚さ (mm)	引張方向	引張試験				衝撃試験				
			Y _P (MPa)	T.S. (MPa)	伸び (%)	断面収縮率 (%)	方向	平均値	最低値		
E9001	38	L	783	850	24	69	I	<100	<100	17.0	14.4
		T	792	852	25	70	C	+	+	12.0	10.9
		C	790	853	24	67	C	+	+	12.0	10.9
			793	854	24	66					

表4 溶接材料の化学成分

項目	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B
母材	0.08	0.10	1.45	-	-	2.50	0.40	0.92	-	-	-
溶接部	0.07	0.55	1.33	0.017	0.014	0.19	1.90	0.44	0.50	-	-

表5 溶接条件

電流	電圧	速度	入熱量
6.0 A	3.4 V	3.0 cm/min	4.8 kJ/cm

図4: 広幅引張試験片形状

図5: プレス矯正装置

図6: マンレググリッドシート貼付位置

図7: シャルピー衝撃試験片採取位置

図-2に示される要領で広幅引張試験片、衝撃試験片、硬さ試験片およびマクロ試験片を採取した。

これらの試験片の採取に先立つて図-3に示されるプレス矯正要領により角変形を除去した。なお、この際、溶接金属周辺に図-4によりマンレググリッドシートを貼布し溶接金属周辺の歪分布を測定した。そして、プレス矯正を行なった試験片についてはストリップヒーターにて、250^{°C} × 1 hr の時効処理を行なった。

広幅試験片は平行部全幅に深さ1^{mm}の切欠きを溶接後凹面になっていた面(B.P側)に加工した。切欠き位置はDepo中央、Bond およびHAZの3条件とし、試験温度は-60^{°C}より-200^{°C}の範囲で引張り試験を実施した。

シャルピー衝撃試験片はプレス加工後の凹面表面2^{mm}削除後、JIS 4号衝撃試験片を採取した。採取位置はDepo、Bond およびHAZの3条件でノッチは表面ノッチで試験をした。硬さ分布の測定は表面から2^{mm}の位置をビッカース硬度計(10^{kg})により測定した。

3. 試験結果および考察

プレス加工後の歪分布測定結果の一例を図6に示す。プレス矯正による歪は主として溶着鋼に生じている。図7に示す硬度分布測定結果によれば溶着鋼の硬度は母材の硬度とほぼ等しいので溶着鋼が特に軟質であつたとは考えられない。

溶着鋼内の歪にはかなりのばらつきはあるが図5に示されるようにほぼ一様の歪分布を示している。図8に溶着鋼の平均歪量と初期角変形量との関係を示す。試験結果より溶着鋼のプレス加工により発生する歪は初期角変形量と1次的な関

係を有し、かつマクロ試験により得られた溶接ビード幅において一様に伸びを生ずると仮定した計算値と良く一致した。

シャルピー衝撃試験結果によるとプレス加工の影響はDepo, Bond部においてあり初期角変形量が0のものに対し $20^{\text{mm}}/1000^{\text{mm}}$ の場合、破面遷移温度で 20°C 程度の上昇があり、 0°C におけるエネルギー値で40%程度の低下が認められた。

広幅引張試験結果を表6に示す。またBondおよびDepo部の結果を図示したものが図9、図10

である。Bond, Depoともに試験機のカrossヘッドの動きより検出した伸び、破断後の残留伸びにはプレス加工による歪時効の影響が表われている。しかしながら施工条件として本橋のようにプレス加工に先立ち溶接ビードの余盛を削除したこと、溶接材料をAWS Grade F 110相当 ($\sigma_b \geq 78 \text{ kg/cm}^2$) を使用しDepoの強度をやや低目に押さえたことおよびHAZの軟化域がそれほど大きくなく、Bondの硬化域により変形が拘束された可能性があること等の理由により、図9、図10を比較して解るように破壊はBond部がCritical断面であると云える。そこでHT80に対し $20^{\text{mm}}/1000^{\text{mm}}$ 程度の角変形除去は慎重な溶接条件、順序を保持すれば実用上充分安全であることが判明した。

4. あとがき

$20^{\text{mm}}/1000^{\text{mm}}$ 程度の角変形のプレス加工によるDepoおよびBond部の脆化の影響は著者らの行った角変形目達および残留応力附加の広幅試験と比較して低応力発生温度に寄与する割合が少なく仕様で規定した $10^{\text{mm}}/1000^{\text{mm}}$ の角変形量の限界は充分安全かつ妥当と思われる。終りに本件に対し多大のご指導をいただいた奥村敏恵博士ならびに関係各位に感謝を表します。(参考文献)

(1) JSMS 関西支部「破壊の力学とその応用」講習会、昭和46年 P.25
 (2) 奥村、堀川、世戸、水元：高張力鋼の広幅試験について27回土木学会講演概要集

試験番号	部材	位置	試験温度 (°C)	試験速度 (mm/min)	試験機	試験片寸法 (mm)	試験片重量 (g)	破断荷重 (kg)	破断伸び (%)	破断位置 (mm)	破断形状	破断原因	破断位置の寸法 (mm)	破断位置の重量 (g)	破断位置の寸法 (mm)	破断位置の重量 (g)	破断位置の寸法 (mm)	破断位置の重量 (g)					
0	Depo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
10	HAZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

