

首都高速道路公団

正員 富沢修次

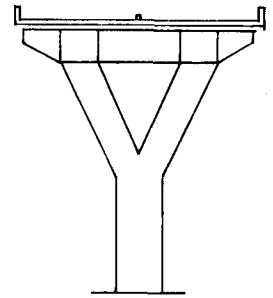
正員 小村 敏

正員 佐藤栄作

1. はじめに

首都高速9号線(ヤ924~925工区)では周囲の環境との調和、街路利用計画等の条件からY型鋼橋脚(図-1)を用いている。このY形鋼橋脚の隅角部には、ウェッジ、ダイヤフラム、リブの5枚の鋼板が一箇所に集中するため、この部分に角棒を用いた羽根車型の構造(図-2)を採用することにした。従来、ラーメン隅角部に角棒を用いた例はかなりあるが、今回の場合、図-3に示すように163×153というかなり大きい断面が必要であり、このような大断面の角棒を鋼板や鉄鋼から切出すと、鋼材の異方性に起因する層状割れが生じる恐れがあるため、角棒には溶接用鋳鋼(JIS G 5102 SCW 図-3 角棒の断面寸法

図-1 Y型鋼橋脚一般図



94ベースのSM50相当品)を用いることにした。本報告はこの鋳鋼の素材の機械的性質、化学組成、溶接性の確認、及び羽根車構造の溶接作業性の確認を目的として行なった試験結果をまとめたものである。

2. 試験内容

2-1 素材試験

JIS 5102によれば図-4に示すような供試体について素材試験を行なうよう規定されているが、今回は本体と供試体では押し湯の圧力や熱処理の効果が異なることが予想されるため、素材試験を本体と供試体の両者について行なうことにした。素材試験の内容、判定規準およびテストピースの採取位置は表-1に示すとおりである。

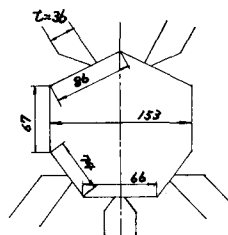


図-4 角棒(本体)と供試体

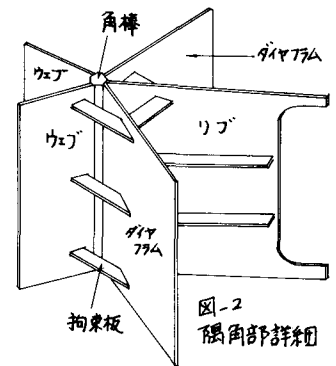
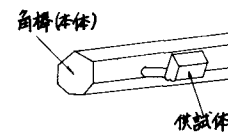


図-2 隅角部詳細

2-2 溶接性試験

鋳鋼角棒の溶接割れ感受性を調べることに、予熱温度を決定するために、JIS B 3158斜めY型溶接割れ試験を行なった。割れ試験の供試体には角棒と同じ溶鋼で鋳込んだ鋳鋼板(40×150×200)の表面を機械仕上げした板厚36mmのものをを用いた。溶接方法は実際の施工ではCO₂半自動溶接を用いるが、さらに鋳鋼の溶接割れ感受性を調べる目的で被覆アーク溶接も併せ用いた。CO₂半自動溶接の場合は突き合わせの鋼板の強度に応じて、50K級60K級の2種の溶接材料について行ない、また、被覆アーク溶接では予熱温度を変えて、50K級の極低水素系の溶接棒を用いて行なった。

2-3 模型試験

羽根車構造はK剛先のリブを先溶接し、その他のウェッジ、ダイヤフラムを仮付溶接後、永平に置き、羽根車を回転しながら、横向きまたは下向きで本溶接を行なう方法を取

表-1 素材試験の項目と判定規準

項目	判定規準
引張試験	$\sigma_t \geq 315 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_f \geq 52 \text{ N/mm}^2$, 伸び $\geq 21\%$
衝撃試験	0°C 2.8 kgm 以上
硬度試験	—
化学分析	C, Si, Mn, P, S, Cr, V, Ni, Mo Ceq $\leq 0.43\%$

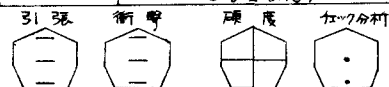


表-2 斜Y拘束割れ試験

個数	試験内容
半溶接	3 50K級鋼用溶接棒 予熱 50, 100, 150°C
CO ₂	3 50K級溶接材 室温
半自動	3 60K級溶接材 室温

っている。この場合の溶接ポジション等の作業性、また羽根車の変形防止に対する拘束板の効果を調べる目的で、実物のWEB高を $\frac{1}{2}$ にした模型試験を行なった。試験項目は表-3に示すとおりである。

3. 試験結果

3-1 素材試験 伏試体及び角棒本体の素材試験結果を表-3に示す。鉄鋼供試体の機械的性質は全て規定値（降伏点 $31\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ 以上、引張強さ $52\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ 以上、伸び 21% 以上、衝撃値 $28\text{kgf}\cdot\text{m}$ 以上）を満足している。また、化学組成についてもチエック分析の結果、炭素当量 0.33% と規定値 0.43% をかなり下まわった。本体の引張試験については外周部の押湯側、鉄型底側とも規定値を上まわった。中央部については引張強さが規定値 $52\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ に対し、 $50\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$ とやや下まわったが、降伏点、伸びについては規定値を満足した。衝撃値については外周部、中央部とも規定値を大やに上まわっている。また、化学組成については、本体の断面が大きいので、成分の偏析が懸念されたが、チエック分析の結果を見ると、外周部と中央部で C に対し若干の相異が見られる程度で、成分の偏析もなく、炭素当量についても、両者とも約 0.33% と規定値を満足した。

本体の硬さ試験の結果は図-5に示すとおりである。外周部では $Hv=180\sim 187$ であるが、中央部に約 20mm 入ると $Hv=150$ 程度でほとんど一定となっていることから、熱処理の効果は本体内部まで行きわたっているものと判断される。

3-2 溶接性試験 CO_2 半自動溶接は入熱量が大きいことから、予熱を行わずに室温（約 30°C ）で行なったが、 50K 級、 60K 級鋼用溶材のいずれの場合も割れは認められなかった。被覆アーク溶接は 50K 級鋼用極低水素系の溶接棒を用いて、予熱 50°C 、 100°C 、 150°C の3種類について行なったが、すべて割れは認められなかった。

3-3 模型試験 隅角部の溶接完了後、継手全長についてカラーチエックを行なったが表面欠陥は見られなかった。また、カラーチエック後、マクロ試験片を採取したが、溶接部には割れ等の欠陥は認められなかった。硬さ試験については、鉄鋼の熱影響部で $Hv=240$ 、溶着金属部で $Hv=240$ 、 $SM53$ 鉄鋼の熱影響部で $Hv=335$ となり、鉄鋼の焼入れ硬化性が予想以上に小さいことが判明した。溶接後の変形については断面の都合で省略するが、特に有害な変形は認められなかった。

4. まとめ

鉄鋼素材試験については、参考値として測定した角棒の中心部の引張強さがわずかに規定値を下まわったが、機械的性質、化学組成ともまず問題ないといえる。溶接性試験においても割れは全く認められず、鉄鋼の溶接性についても問題はなかった。また、模型試験の結果を参考にし、羽根車構造の拘束材の断面と端形状を多少、変更した程度で、本体構造物も既に無事、製作を終了している。

表-3 模型試験内容

項目	摘 要
マクロ及び硬さ	拘束板取付位置と、羽根面を採取
カラーチエック	継手全長
拘束材の応力測定	ユークスゲージ(標点 100%)
拘束材の変形(座圧)測定	残留応力推定
角棒の収縮量	7面体のうち継手のないフリー面について全長測定
継手部品の収縮量	長手方向及び巾方向
継手部品の角変化	各羽根間の距離

表-4 素材試験結果

		降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸び %	衝撃 kg·m
供試体		40	55	36	8.9
本体	押湯側	43	56	24	6.0
	中央部	36	50	22	7.4
	鋳型底	39	53	29	8.0
規定値		>31	>52	>21	>2.8

チエック分析

	C $\%$	Si $\%$	Mn $\%$	P $\%$	S $\%$	Cr $\%$	V $\%$	Ni $\%$	Mo $\%$	Ceq $\%$
供試体	0.15	0.27	0.77	0.009	0.011	0.16	0.085	0.18	tr	0.332
本体中央	0.13	0.24	0.77	0.008	0.012	0.16	0.078	0.19	tr	0.330
本体外周	0.15	0.27	0.77	0.009	0.011	0.16	0.083	0.18	tr	0.332

$$Ceq = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/4 \leq 0.43$$

図-5 角棒の硬さ試験

