

東京港臨海大橋（仮称）の トラス部材の実物大溶接施工試験

Full-Size Welding Tests of Truss Members for Tokyo-Port Seaside Bridge (tentative name)

村上 貴紀*¹ 坂根 秀和*² 矢部 泰彦*³ 亀子 学*⁴ 小笠原 隆幸*⁵
Takanori MURAKAMI Hidekazu SAKANE Yasuhiko YABE Manabu KAMEKO Takayuki OGASAWARA

Summary

We verified the weldability of SBHS500 and the appropriateness of welding materials for the purpose of fabricating Tokyo-Port Seaside Bridge. We also produced a full-size specimen of the middle chord members of the truss to examine ease of welding, the welding quality of shop fabrication as well as methods of field assembly welding and welding deformation.

キーワード：SBHS500、溶接施工試験、実物大試験体、地組立溶接

1. はじめに

現在、中央防波堤外側埋立地から若洲までの約4.6kmを整備する東京港臨海道路Ⅱ期事業が進められおり、東京港第3航路上となる約2.9kmの橋梁が東京港臨海大橋（仮称）である。主橋梁は、鋼3径間連続トラス・ボックス複合構造であり、そのうち航路上となるJ17～J40が宮地・日立共同企業体の施工範囲である（図-1）。

本橋に使用する鋼材としてBHS500（SBHS500）が用いられており、施工前にBHS500の溶接性、および工場溶接と地組立溶接に使用する溶接材料の適正について溶接施工試験にて確認するものとした。また、トラス格点部には狭隘となる箇所があり、事前にトラス格点部の溶接施工性を確認する必要があると判断し、トラス格点部を想定した実物大試験体を製作するものとした。この実

物大試験では、トラス格点部の溶接施工性やかど継手の溶接方法、フィレット部の施工方法などを確認するものとした。さらに、この実物大試験体を用い、地組立溶接を想定してトラス部材の全断面溶接の溶接施工試験も行い、溶接品質および溶接変形について確認するものとした。本文では、これらの溶接施工試験の結果について報告するものとする。

2. BHS500の溶接性確認試験

BHS500の溶接性、および工場溶接と地組立溶接に使用する溶接材料の適正を確認するために溶接施工試験を行った。使用したBHS500の化学成分を表-1、機械的性質を表-2に示す。

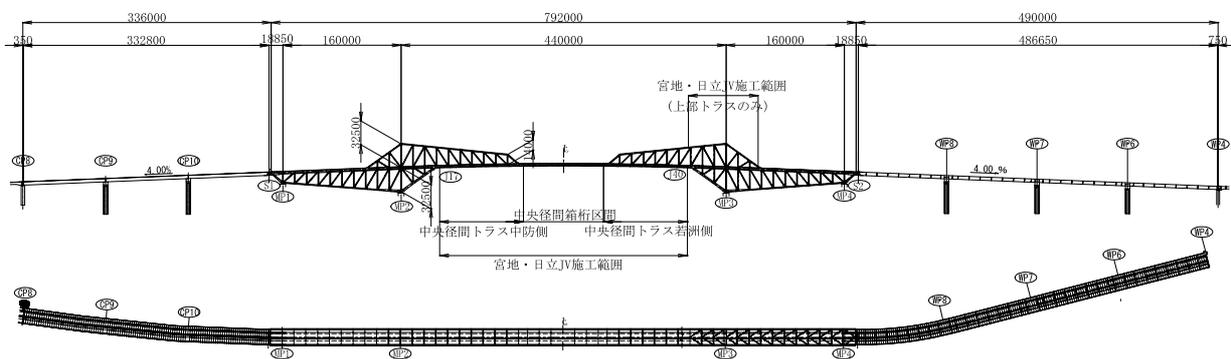


図-1 全体図

*1(株)宮地鐵工所 千葉工場技術研究所生産技術グループ課長

*2(株)宮地鐵工所 工事本部工事部東京工事グループ主任

*3(株)宮地鐵工所 千葉工場計画部計画グループ係長

*4(株)宮地鐵工所 千葉工場技術部設計1グループ係長

*5(株)宮地鐵工所 千葉工場製造部製造1グループ主任

表一 1 BHS500の化学成分 (%)

鋼材の種類	板厚 (mm)	C	Si	Mn	P	S	Cu
BHS500	50	0.09	0.29	1.53	0.009	0.001	0.10
	31	0.10	0.26	1.55	0.007	0.002	0.01

Ni	Cr	Mo	Nb	V	B	Pcm	Ceq
0.10	0.17	0	0.03	0.06	0.0002	0.20	0.40
0.02	0.16	0	0.03	0.06	0.0002	0.20	0.41

ミルメーカー：新日本製鐵

表一 2 BHS500の機械的性質

鋼材の種類	板厚 (mm)	降伏点 (耐力)	引張強さ	伸び	衝撃値 (C方向)
		N/mm ²		%	J(-5℃)
BHS500	50	532	638	30	274
	31	607	702	27	266

溶接施工試験の代表的な結果を以下に示す。

(1) y形溶接割れ試験

BHS500の予熱温度を確認するために、板厚50mmのBHS500を用い、JIS Z 3158「y形溶接割れ試験方法」に準拠して試験を行った。溶接方法は、ガスシールドアーク溶接(CO₂溶接)および被覆アーク溶接とした。その結果、5℃の雰囲気および表面温度で溶接割れが生じないことを確認した。このことより、BHS500は予熱無しとした。

(2) 突合せ溶接試験

工場板継ぎ溶接を想定した突合せ溶接試験の機械試験結果を表一3に示す。なお、板厚は50mmとし、溶接方法はサブマージアーク溶接とした。

表一 3 突合せ溶接試験の機械試験結果

継手引張試験	降伏点 (耐力) N/mm ²	引張強さ N/mm ²	—	破断位置	判定基準
	591	662	—	母材	引張強さ: ≥570 N/mm ²
	590	658	—	母材	
溶着金属引張試験	降伏点 (耐力) N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %	判定基準
	640	700	26	63	降伏点 : ≥500 N/mm ² 引張強さ: ≥570 N/mm ²
	643	714	27	61	
型曲げ試験	試験結果				判定基準
	きれつなし				きれつが生じてはならない
	きれつなし				
衝撃試験	ノッチ位置	試験結果 J (-5℃)			判定基準
	DEPO	91			≥47J
	BOND	195			
	HAZ	277			
測定位置	最高硬さ HV10	最高硬さ位置		判定基準	
硬さ試験	表面から 2mm	251	母材		HV10 ≤ 370

溶接材料：Y-DM×YF-15B (日鐵住金溶接工業)

(3) 十字継手溶接試験

工場溶接の十字継手を想定した十字継手溶接試験の機械試験結果を表一4に示す。なお、板厚は50mmとし、溶接方法はガスシールドアーク溶接(CO₂溶接)とした。

(4) 地組立突合せ溶接試験

トラス部材の上弦材、中弦材、鉛直材、斜材、上支材の地組立溶接継手を想定した突合せ溶接試験を行った。溶接方法は片面裏波CO₂溶接とし、溶接姿勢は、下向き、立向き、斜め下向き、斜め横向きの4姿勢とした。なお、板厚は地組立溶接継手の最大板厚となる31mmとした。下向き姿勢の機械試験結果を表一5、立向き姿勢の機械試験結果を表一6に示す。

表一 4 十字継手溶接試験の機械試験結果

継手引張試験	降伏点 (耐力) N/mm ²	引張強さ N/mm ²	—	破断位置	判定基準
	587	651	—	母材+溶着金属	引張強さ: ≥570 N/mm ²
継手引張試験	降伏点 (耐力) N/mm ²	引張強さ N/mm ²	—	破断位置	
	664	708	25	64	降伏点 : ≥500 N/mm ² 引張強さ: ≥570 N/mm ²
	664	703	20	68	
型曲げ試験	試験結果				判定基準
	きれつなし				きれつが生じてはならない
	きれつなし				
衝撃試験	ノッチ位置	試験結果 J (-5℃)			判定基準
	DEPO	87			≥47J
	BOND	183			
	HAZ	248			
測定位置	最高硬さ HV10	最高硬さ位置		判定基準	
硬さ試験	余盛の表面から 2mm	251	溶着金属		HV10 ≤ 370

溶接材料：開先内YM-60C (日鐵住金溶接工業)
余盛MX-60F (神戸製鋼所)

表一 5 地組立突合せ溶接試験の機械試験結果 (下向き)

継手引張試験	降伏点 (耐力) N/mm ²	引張強さ N/mm ²	—	破断位置	判定基準
	546	668	—	溶着金属	引張強さ: ≥570 N/mm ²
	550	672	—	溶着金属	
溶着金属引張試験	降伏点 (耐力) N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %	判定基準
	512	657	27	61	降伏点 : ≥500 N/mm ² 引張強さ: ≥570 N/mm ²
	512	650	27	61	
型曲げ試験	試験結果				判定基準
	きれつなし				きれつが生じてはならない
	きれつなし				
衝撃試験	ノッチ位置	試験結果 J (-5℃)			判定基準
	DEPO	114			≥47J
	HAZ	221			
	測定位置	最高硬さ HV10	最高硬さ位置		
硬さ試験	表面から 2mm	258	母材		
	裏面から 2mm	245	母材		

溶接材料：YM-60C (日鐵住金溶接工業)

表一六 地組立突合せ溶接試験の機械試験結果（立向き）

継手引張試験	降伏点 (耐力) N/mm ²	引張強さ N/mm ²	—	破断位置	判定基準	
	561	693	—	溶着金属+熱影響部		引張強さ：≥570 N/mm ²
561	694	—	溶着金属+熱影響部			
溶着金属引張試験	降伏点 (耐力) N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %	判定基準	
	548	710	28	66		降伏点：≥500 N/mm ² 引張強さ：≥570 N/mm ²
	548	700	28	68		
型曲げ試験	試験結果				判定基準	
	きれつなし					きれつが生じてはならない
衝撃試験	ノック位置	試験結果 J (-5°C)			判定基準	
	DEPO	90				≥47J
	HAZ	191				
硬さ試験	測定位置	最高硬さ HV10	最高硬さ位置		判定基準	
	表面から 2mm	258	母材			HV10 ≤ 370
	裏面から 2mm	247	母材			

溶接材料：SF-60L（日鐵住金溶接工業）

3. トラス格点部の実物大試験

(1) 実物大試験体の対象箇所を選定

トラス格点部の実物大試験体は、かど継手溶接と十字継手溶接がある中弦材とし、傾斜十字継手がある格点21(22)とした(図-2、3)。主要部材の使用鋼材は、実際と同じBHS500とし、板厚もあわせた。なお、斜材または鉛直材の構成角度が最も小さい格点15(28)については、共同企業体である日立造船(株)にて試験するものとした。上弦材を含むその他の格点部については、発砲スチロールで格点部の模型を作成し、作業スペースなどを確認した。模型試験の状況を写真-1に示す。

チロールで格点部の模型を作成し、作業スペースなどを確認した。模型試験の状況を写真-1に示す。

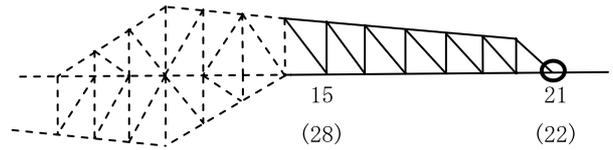


図-2 トラス格点部の実物大試験体の製作箇所



写真-1 トラス格点部の模型試験状況

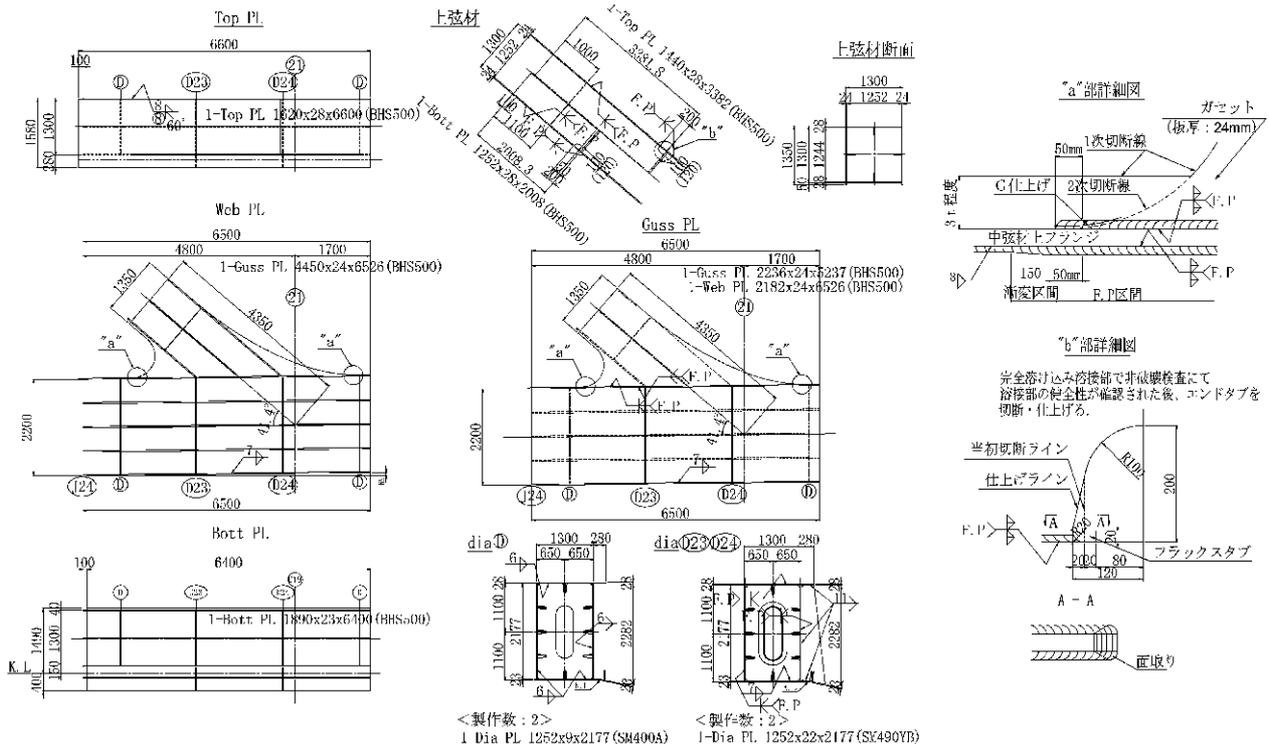


図-3 実物大試験体

(2) 実物大試験体の製作

実物大試験体は、実際に使用する設備機器にて計画した施工手順で製作した。なお、下記の項目について確認するものとして行い、その結果を実施工の製作に反映した。実物大試験体の製作状況を写真-2～4に示す。

- ①組立・溶接手順の確認
- ②溶接施工性（溶接作業スペース）の確認



写真-2 実物大試験体の組立後



写真-3 トラス格点内の溶接状況



写真-4 かど継手溶接の施工状況

- ③かど継手溶接の施工要領の確認
- ④フィレットの処置要領の確認
- ⑤溶接品質の確認
- ⑥製作用治具（反転治具等）の確認

4. 実物大試験体を用いた地組立溶接施工試験

(1) 試験概要

実物大試験体の製作完了後、実物大試験体を用い、中弦材の全断面地組立溶接を想定した溶接施工試験を、下記に示す項目を確認するために行った。

- ①溶接手順の確認
- ②各溶接姿勢における溶接施工性の確認
- ③交差部の溶接施工方法の確認
- ④溶接用治具の取り付け要領の確認
- ⑤溶接継手の拘束要領の確認
- ⑥溶収縮・溶接変形の確認
- ⑦溶接部の内部品質の確認

主要部材の使用鋼材は、実際と同じBHS500とし、板厚もあわせた。試験体形状を図-4に示す。試験は、実施工を再現するために屋外にて行い、溶接足場および風防設備を設置した（写真-5）。なお、日立造船(株)においても格点15の実物大試験体にて、斜材の地組立溶接施工試験を行っている。

トラス部材の上弦材、中弦材、上支材の地組立溶接継手はZ継手が採用されており、各部材の板組みは図-5に示すとおりである。各板組みでの交差部の開先形状などは異なるため、中弦材以外の板組みについては小型試験体にて交差部の施工方法を確認するものとした。小型試験の施工状況を写真-6に示す。



写真-5 実物大試験

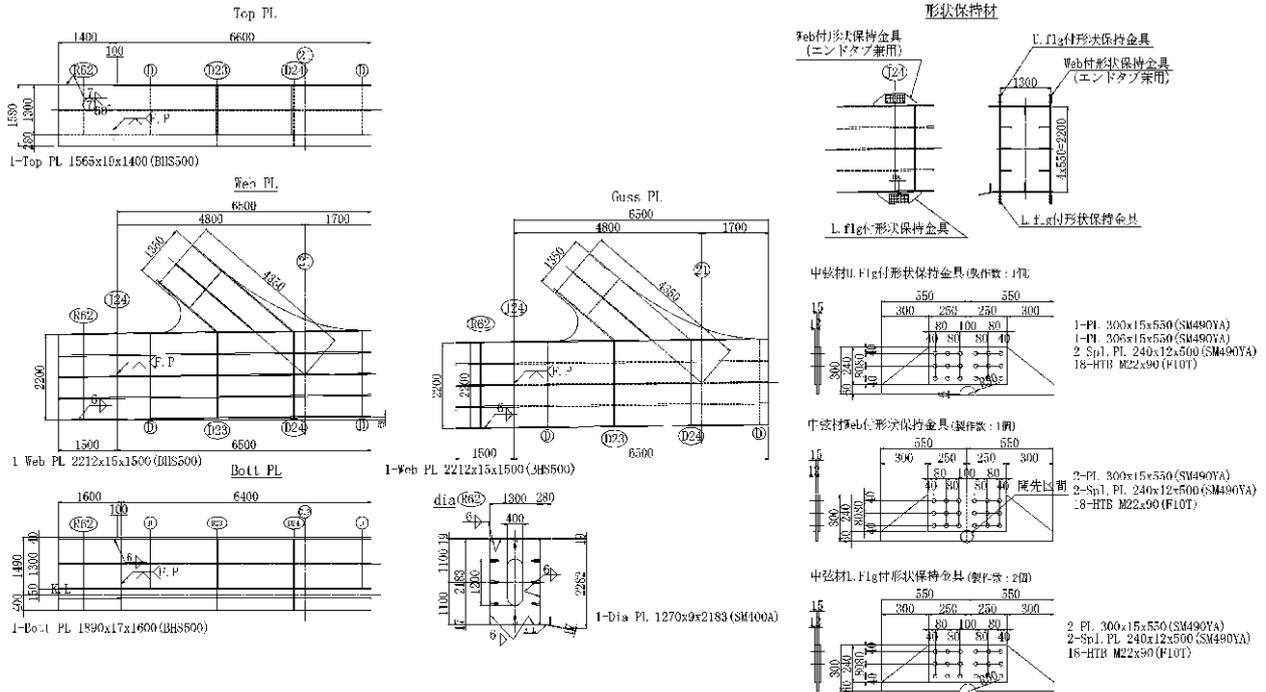


図-4 実物大試験体

(2) 溶接方法および溶接材料

中弦材の各継手の溶接方法および溶接材料を表-7に示す。なお、溶接順序は Bott PL → Top PL → Web PL → 交差部とした。各継手の溶接施工状況を写真-7～10に示す。

表-7 溶接方法および溶接材料

継手箇所	溶接方法	溶接姿勢	溶接材料		裏当材	
			銘柄	メーカー	銘柄	メーカー
Top PL	片面裏波 CO ₂ 半自動溶接	下向き	YM-60C (1.2φ)	日鐵住金 溶接工業	NBT-1	日本電極
Bott PL	片面裏波 CO ₂ 自動溶接 + 片面裏波 CO ₂ 半自動溶接	下向き	YM-60C (1.2φ)	日鐵住金 溶接工業	NBT-1	日本電極
Web PL	片面裏波 CO ₂ 半自動溶接	立向き	SF-60L (1.2φ)	日鐵住金 溶接工業	NBT-1	日本電極
交差部	CO ₂ 半自動溶接	下向き 水平 上向き	SF-60 (1.2φ)	日鐵住金 溶接工業	—	—

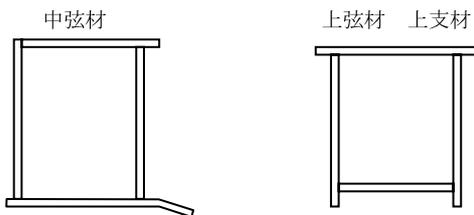


図-5 Z継手部の板組み



写真-6 小型試験の施工状況



写真-7 Top PLの溶接状況



写真一8 Bott PLの溶接状況



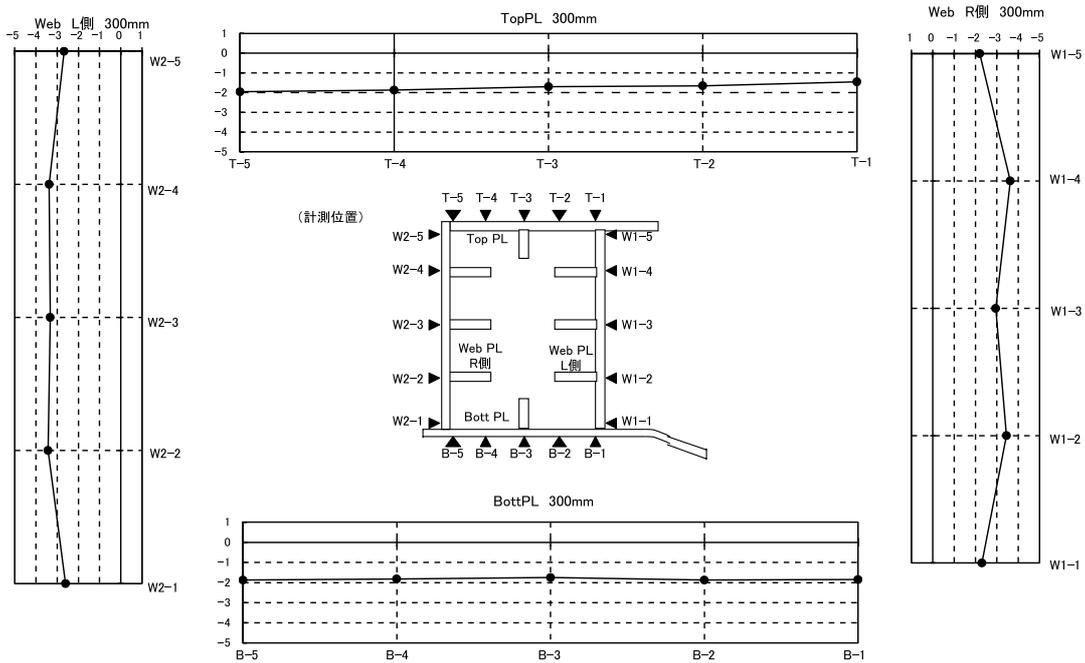
写真一10 交差部の溶接状況



写真一9 Web PLの溶接状況

(3) 溶接収縮および溶接変形測定結果

地組立溶接による溶接収縮量と面外変形量を確認するために、溶接収縮は溶接継手を挟み標点距離 100mm と 300mm、および部材全長を測定、面外変形はダイヤフラムを基準とした橋軸方向の変形を測定した。測定時期は、溶接前、各継手溶接後、拘束解放後とした。測定の結果、部材全長の溶接収縮量は約2mmであり、過去のI桁や箱桁の実績と同等であった。地組立溶接による溶接収縮量は、予め部材長に見込むものとした。ダイヤフラム間を基準とした面外変形量は、拘束解放後で各継手の中央部で最大1mm程度であった。拘束解放後の標点距離 300mmの溶接収縮測定結果を図一6に示す。



図一6 溶接収縮測定結果 (拘束解放後 標点距離 300mm)

4. おわりに

東京港臨海大橋（仮称）の製作にあたり、BHS500の溶接性や使用溶接材料の適正、トラス部材の中弦材の実物大試験体により工場製作および地組立溶接の施工方法や溶接品質などの確認を行い、溶接施工試験で得られたことを実施工に反映した。工場製作においては、特に問

題もなく製作が完了し、現在、地組立溶接を施工している。

溶接施工試験の計画および施工にあたり、ご指導頂きました国土交通省関東地方整備局東京港湾事務所殿、ならびに港湾空港建設技術サービスセンター殿に対し、深く感謝申し上げます。

2010.1.19 受付

グラビア写真説明

東京港南部地区臨海道路橋梁上部築造工事（その5）工事

本工事は、中央防波堤外側埋立地と若洲を結ぶ東京港臨海道路Ⅱ期事業における延長約2.9kmの東京港臨海大橋（仮称）のうち、国土交通省施工区間（海上部）のアプローチ部を対象とした工事です。

主要材料に橋梁用高性能鋼材（BHS）を採用。溶接では施工性確認試験や技量試験を実施するなど品質管理は特に留意しています。

架設は、大型起重機船による大ブロッカー一括架設（全7回）で行われ、最後に架けることとなる本橋との取り合い2径間を残し順調に進捗しております。

完成後は周辺の整備（公園、展望台の計画）もされ、東京港の入り口で一際目を引くランドマークの一端を担うこととなるでしょう。
(株)宮地鐵工所 清水 達也

ござれや阿賀橋

現在、阿賀野川下流域には高速道路を除き、松浜橋、阿賀野川大橋、泰平橋という3本の橋が架かっていますが、近年の交通量の増加により、阿賀野川下流域を渡る道路では朝夕を中心に、深刻な交通渋滞が生じています。特に、国道113号の松浜橋は、新潟空港（空の玄関）、新潟西港・東港（海の玄関）を結ぶ重要な道路ですが、道幅が狭い等の問題により、さまざまな交通問題を抱えています。

松浜橋上流橋が架かる事により、国道113号の機能強化及び阿賀野川下流域の交通容量の向上が図られる事が期待されます。

施工にあたって、桁形式は開断面箱桁+合成床版が採用され、1部橋脚（RC）と鋼桁は剛構造となり、架設工法は、栈橋を利用したベント併用横取架設・台船一括架設・ベント併用トラッククレーン架設と難易度の高い工事でした。
(株)宮地鐵工所 清水 康史