

大阪市土木局 正員 亀井 正博 大阪市土木局 正員 松野 幹雄
 (株) 春本鐵工所 正員 竹中 裕文 (株) 片山鐵工所 正員 玉置 光男

1. まえがき

北港連絡橋は、大阪港の北側に位置する埋立地、北港北地区と此花区とを結ぶ、延長1.7 Kmにおよぶ長大橋梁である。本橋の主橋梁部には、中央径間 300 m のモノケーブル自碇式吊橋を採用している。海上部の橋脚は、自重軽減と工期短縮を図るためにSRC構造としており、主橋脚躯体の鉄骨フレームと吊橋の主塔とは、高力ボルトで連結する構造となっている。この鉄骨フレームには、図-1に示すような、いわゆる十字継手と呼ばれる溶接継手が採用されているが、この突出したダイヤフラムには、板厚方向に溶接の収縮による引張力が働くため、ラメラテアの発生の恐れがある。そこで、構造物の重要性を考慮して、このダイヤフラムには、Z-25の耐ラメラテア鋼（以下耐ラメ鋼と呼ぶ）を用いることにした。このダイヤフラムの必要突出量については、現在のところ明確な規定がない。そこで、溶接施工試験およびH型拘束試験などを実施して、ラメラテア発生の有無を調査し、この結果をもとに突出量の決定を行うことにした。

本文は、この拘束試験の概要とその結果の一部を報告するものである。また実際の溶接継手における拘束度を推定するため、鉄骨フレーム継手部の収縮量を測定したので、あわせて述べることにする。

2. 実験概要

(1) 実験方法

図-2にH型拘束試験体の形状および寸法を示す。ダイヤフラムを想定した貫通板の突出量(Δh)は、0, 10, 25, 75 mmの4種類とし、計算上の拘束度(RF)は、2000および3500 Kg/mmの2種類とした。また、貫通板は実施工に合わせて板厚50 mmの50キロ級鋼とし、板厚方向の絞り値で、それぞれ、50および15%程度に相当する耐ラメラテア鋼および普通鋼の2種類を用いた。

(2) 溶接条件

溶接は、炭酸ガス半自動溶接(1.2 mm ϕ)で行い、予熱は100℃とし、電流および電圧範囲は、それぞれ200~300 Aおよび25~35 Vとした。開先形状は実施工と同じ形状とし、表裏合わせて約35パスで仕上げる完全溶込み溶接を行った。

(3) 計測および試験項目

以下の項目について、計測および試験を行った。

- ①拘束応力； ストレインゲージにより、溶接中および溶接後に拘束板に発生するひずみを測定し、作用する拘束応力を推定する。
- ②超音波探傷試験(UT)； 超音波により、溶接部および貫通板の探傷を行うとともに、③及び④などにそれぞれ示す断面マクロおよび磁粉探傷試験などの試験断面の位置を決定する。
- ③断面マクロ試験； 溶接部および貫通板の断面の検査を行う。
- ④磁粉探傷試験(MT)； 肉眼では直接確認することのできない断面の割れの確認をする。

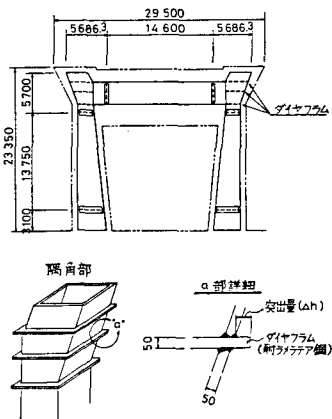


図-1 橋脚一般図

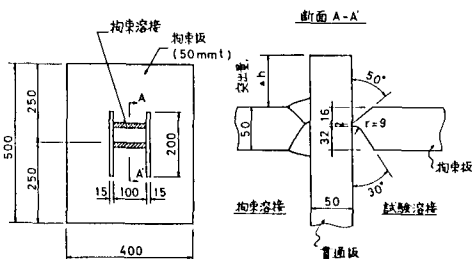


図-2 H型拘束試験体形状

⑤貫通板の板厚方向の絞り値および引張強度などの測定； H型拘束試験体の貫通板から、板厚方向の引張試験片を採取し、絞り値および引張強度などを調べる。

(4) 結果と考察

表－1 に示すように、貫通板が耐ラメ鋼の場合には、突出量が 0 mm 以外の試験体については、割れは発見されなかった。しかし、貫通板が普通鋼の場合には、ほとんどの試験体において、直線状の割れが発生し、割れが生じなかったのは、突出量が 75 mm のもののみであった。図－3 に、貫通板の板厚方向引張試験（荷重－変位曲線）の一例を示す。これにより耐ラメ鋼は、普通鋼に比較して、破断に至るまでの変位量および引張強さなどが大きいことがわかる。また、超音波探傷試験の結果を定量化するための一方法として、欠陥面積比を定義し、この値と引張強度との関係を調査した。その結果、図－4 に示すように、両者の間には、ある程度の相関性のあることがわかった。

以上の結果ならびに溶接の施工性等を考慮して、本橋脚フレームのダイヤフラムには、耐ラメ鋼（Z－25）を採用し、その継手部の突出量を 25 mm とした。

3. 実構造物の収縮量

表－2 に、実橋脚および各拘束試験体などの継手部の収縮量（ S_t ）と拘束のない継手部の収縮量（ $S_{t,0}$ ）を示すとともに、両者の関係から推定した実橋脚の継手部の拘束応力を示す。これにより実橋脚における拘束度は、拘束試験で設定したレベルよりも、はるかに低い値であることがわかった。

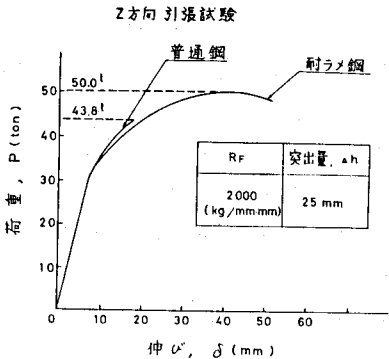
4. あとがき

本文でも述べたように、貫通板であるダイヤフラムには、Z－25 の耐ラメ鋼を用い、突出量を 25 mm としたが、施工において実施した、UT 法による検査結果からは、有害な欠陥は一切発見されず、良好な施工ができたものと思われる。欠陥面積比と引張強さとの間には、ある程度の相関性があるものと思われるが、今回の限られた条件およびデータ数などからは、推定の域を出ず、今後のデータの蓄積を待たねばならないであろう。

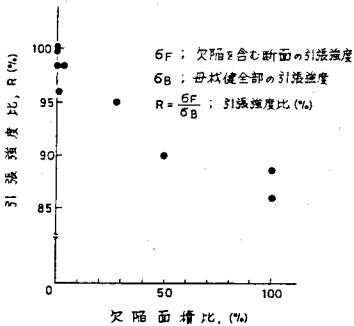
表－1 貫通板に生じた欠陥の有無

突出量 Δh (mm)	鋼種 拘束度 R_F	耐ラメ鋼 ($\phi_s = 50\%$) [SM50C-Z25]		普通鋼 ($\phi_s = 15\%$) [SM50C]	
		2000	3500	2000	3500
0		○	×*	×	×
10		○	○	×	×
25		○	○	×	×
75		○	○	○	×

(○：無欠陥、×：欠陥発生、*：MT法のみで検出)



図－3 荷重－伸び曲線図



図－4 普通鋼の欠陥面積比と欠陥強度比

表－2 実構造物の収縮量と拘束係数

項目	継手	拘束のない継手	橋脚実継手	拘束試験体	
				数値はすべて測定平均値を示す	
				$R_F = 2000$ kg/mm ² ・mm	$R_F = 3500$ kg/mm ² ・mm
①収縮量 [S_t] (mm)		[$S_{t,0}$] 1.2	1.0	0.5	0.3
②拘束係数 [p] (kg/mm ² ・mm)		—	3*	40	70
③拘束応力 [(①×②)] (kg/mm ²)		—	3	20	21

* $S_t / S_{t,0} = 1 / (1 + 0.086 p^{0.87})$
 (拘束係数； p) = (拘束度； R_F) / 板厚
 (拘束応力； σ_R) = (拘束収縮量； S_t) × (拘束係数； p)