

塩浜工区（その3）工事における 溶接前後の収縮量測定

播 本 章 一¹⁾ 森 本 喜 典³⁾
千 歳 耕 一²⁾ 伊 藤 裕 彦⁴⁾

鋼床版デッキプレートの片面自動溶接において、溶接による収縮や、変形についての測定結果は種々報告されている。架設時における正確なキャンバーや橋長を得るためには、鋼床版デッキプレートの収縮量を把握することも重要な事である。収縮量は溶接施工法などによっても多少違いがあるため、報告結果をそのまま当工場で使用することはできない。

そこで今回、塩浜工区（その3）工事において、鋼床版デッキプレートおよびUリブの溶接による収縮量を測定した。その結果、鋼床版溶接の横収縮については2mm、Uリブの溶接については1mm程度の収縮量があるという結果を得た。

はじめに

当工場では、これまでソフトバックキングを使用した片面自動溶接法による鋼床版デッキプレートの板継ぎ溶接における具体的な収縮量を実験値として把握していたが、現場実測による確認はしていなかった。一般的な板継ぎ溶接における収縮量は、約2mmであると推定するが、鋼床版の場合には、横リブや閉断面リブなどの付属物が取り付けられていること、および片面自動溶接であることから単純な板継ぎ溶接と同一視することはできないと考えられる。また橋長が長くなるにつれて、橋軸直角方向におけるデッキプレートの溶接線が増し、収縮も累積され、寸法およびキャンバーに与える影響が問題となってくる¹⁾

そこで本調査では、塩浜工区（その3）工事において片面自動溶接法による鋼床版溶接の具体的な収縮量を知るとともに、収縮している箇所と、伸びる傾向のある箇所を把握すること、始末端部および中央部などの位置による収縮量の差を知ることを目的として、溶接ビード方向と、溶接ビード直角方向に対する収縮量を測定し、統計的に収縮量をまとめたものである。

今回の測定は、工場内における各ブロックの橋軸方向における溶接線の収縮量と、架設時におけるキャンバー値に影響を与えることが予測される基地における鋼床版の橋軸直角方向の溶接線についての収縮量を測定した結果である。

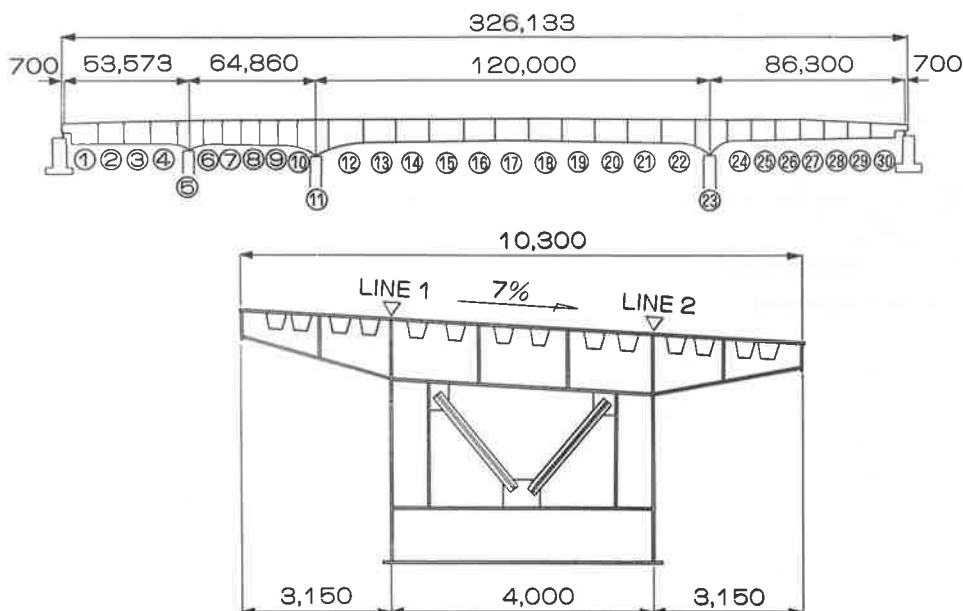
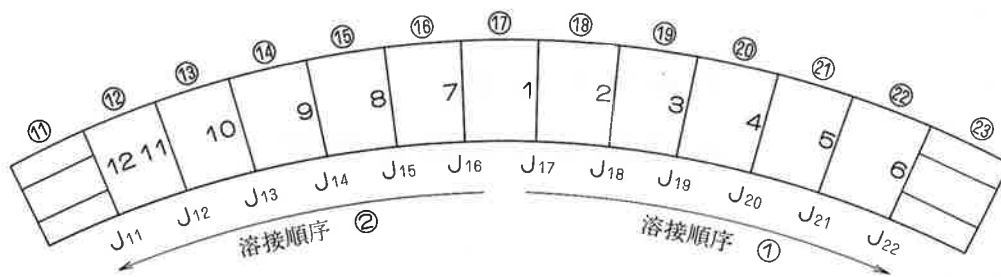


図-1 一般図

1)大阪工場副工場長
2)技術部技術課副課長

3)技術部技術課
4)技術部技術課



※床版内の数字は溶接順序

図-2 大ブロック鋼床版概要

1. 鋼床版概要

本橋は、阪神高速道路公団が大阪湾の沿岸に建設している湾岸線の一部で、堺市塩浜地区の内川放水路上に架かる4経間連続鋼床版箱桁で、図-1に示すように、全長は30ブロックから成っている。そのうち中央経間部である⑪から⑳までの13ブロックを基地において大ブロックにし、フローティングクレーンによって一括架設したものである。この大ブロック部分の鋼床版は工場および基地において溶接により接合した。また残りのブロックは単材で架設し、高力ボルトにより接合する。

鋼床版概要を図-1に、基地における大ブロック平面概要を図-2に示す。

表-1 手溶接材料

銘柄	JIS規格	被覆系統	棒径	姿勢	材料メーカー
LBM-52	D5016	低水素系	3.2~6φ	F・V・O	神戸製鋼

表-2 SAW自動溶接材料、溶接条件

	工場溶接	基地溶接
ワイヤ	US-36 4.8φ	US-36 4.8φ
フラックス	MF-38 (20×200)	MF-38 (20×200)
充填材	RR-2	RR-2
裏当材	FAB-1 (ℓ=600)	FAB-1 (ℓ=600)
溶接電流	700~720 (A)	670~790 (A)
溶接電圧	32~34 (V)	30~32 (V)
溶接速度	22~25 (cm/min)	17~20 (cm/min)

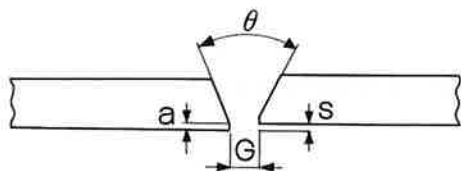


図-3-(a) 鋼床版開先形状

表-3 開先形状許容値

	標準	許容値
開先角度 (θ)	50°	+10° -5°
ルート間隔 (G)	3 mm	-3 ~ +5
ルート面 (a)	1 mm	±1
目違い (s)	0	3

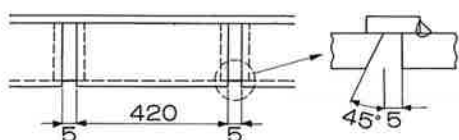


図-3-(b) 閉断面リブの開先形状

2. 溶接方法

溶接はソフトバックングを用いた裏波自動溶接によって施工した。エンドタブを取り付けた後、本溶接に先き立って端部の拘束溶接を行ったが、工場における橋軸方向溶接の場合には両端部を250~300mm裏波自動溶接によって行い、基地における横断方向の溶接の場合には終端部のみに拘束溶接を行った。終端部の拘束溶接は、溶接の回転変形による割れを防止するため必ず行うが、始端部の高温割れは、エンドタブの形状を考慮することで防止できる。横断方向の溶接の場合、エンドタブを2枚板にし、溶込

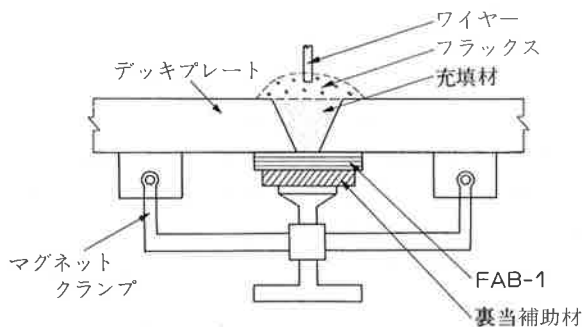


図-4 裏当材概要

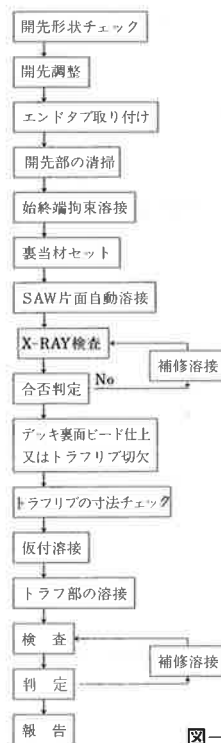


図-5 溶接施工フローチャート

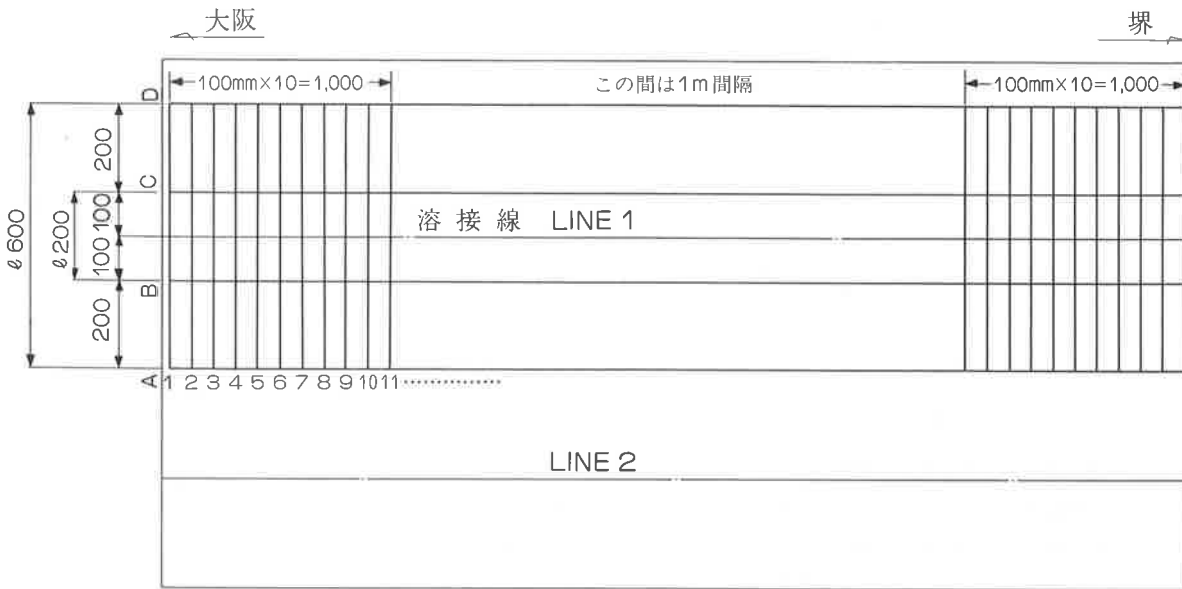


図-6 橋軸方向溶接線測定図

みの不連続をなくしたため始端部の拘束溶接を省略した。また、本溶接とラップする部分はアークエアークアウジングによって整形した後、本溶接を施工した。基地におけるUリブの溶接は、上向き、または立向き溶接なので、すべて手溶接によって行った。

使用材料および溶接条件を表-1、表-2に示す。

鋼床版溶接部と、Uリブの開先形状とその許容値を図-3-(a)、(b)、表-3に示す。

片面自動溶接に用いる裏当材は、マグネットクランプを用いて取り付ける。なおこの裏当材は溶接終了後除去する。

裏当材の取り付け状態を図-4に示す。

つぎに、溶接施工のフローチャートを図-5に示す。

3. 測定方法

(1) 橋軸方向溶接線測定方法

図-6に示すように、溶接線と平行に溶接線の中心から両側100mmと300mm(標点間隔200mm、600mm)の位置にマークを入れた。溶接線の直角方向には、両端から1000mmまでは100mm間隔とし、中間部は1000mm間隔とした。また1ブロックの鋼床版に対して溶接線が2本あるので、堺方向に向かって左の溶接線をLINE 1、右の溶接線をLINE 2とした。また橋軸方向収縮量測定のために、両端を堺方向、大阪方向と区別した。

a) ルートギャップ

図-6における測定点番号1、2、3、……と交わる溶接線上において測定した。

b) 目違い量

ルートギャップと同じ位置で測定した。

c) 橋軸直角方向収縮量

図-6に示すA-Dを、φ600(600mm)、B-Cをφ200(200mm)として、溶接前後において標点間φ600、φ200を測定した。

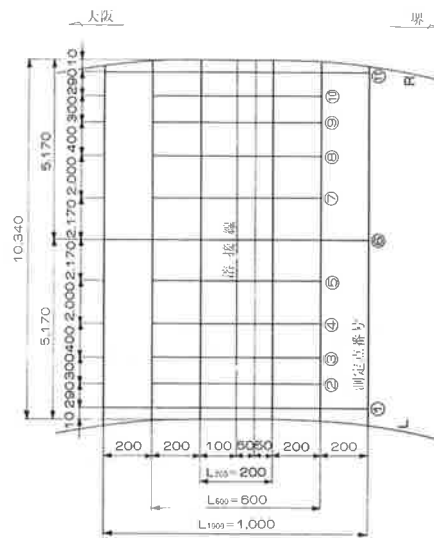


図-7 橋軸直角方向溶接線測定図

d) 橋軸方向収縮量

測定誤差を小さくするために、測定点番号1を基点として、1-2、1-3、1-4、……1-11と両端から1000mmのところまで、溶接前後において測定した。

(2) 橋軸直角方向溶接線測定方法

図-7に示すように、橋軸方向溶接線と同様、溶接線を中心として、標点間隔200mm、600mmのマークを入れた。それに加えて標点間隔1000mmのマークも両端と中心の3箇所に入れた。

a) ルートギャップ

図-7に示す測定点番号①~⑪と交わる溶接線上において測定した。

b) 目違い量

ルートギャップと同じ位置で測定した。

c) 橋軸方向収縮量

図-7に示すように、溶接線両端部から10、290、

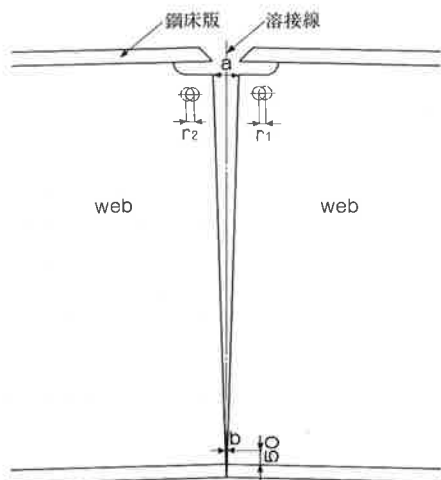


図-8 ウェブにおける測定点

600、1000、3000mmの位置と、溶接線中央の位置において、L 200(200mm) L 600(600mm) を溶接前後に測定した。測定点番号①、⑥、⑪の3点では、標点間隔1000mmであるL 1000を溶接前、溶接後および、閉断面リブ溶接後の3回測定した。

d) 橋軸直角方向収縮量

図-7に示すように溶接線から50mm離れ、溶接線に平行にマークした線を、溶接前後において測定した。

e) ウェブの開き

図-8に示すようにウェブの上端と下端 a、bの開き量を溶接前後において測定した。またウェブと

添接板のボルト穴のずれ r_1 、 r_2 も同時に測定した。ウェブは、測定番号①側をL、⑪側をRとした。

4. 測定結果および考案

(.1) ルートギャップと目違い

a) 橋軸方向溶接線のルートギャップと目違い量
全測定点420点におけるルートギャップおよび目違い量の度数分布を表-4、図-9、10に示す。

ルートギャップにおいては、基準値よりも多少大きくはあるが、許容値を超えているものはなかった。目違いについては、許容値に近い値も多いが、許容値内に修められた。

b) 橋軸直角方向溶接線のルートギャップと目違い量

ジョイント別ルートギャップと目違いの平均を、表-5に、度数分布図を図-11、12に示す。基地での大ブロック組立のためか、ルートギャップは平均5.51mmと標準値(3mm)よりもかなり大きな値であった。目違いに関しては、0.54mmと全体に精度よく仕上がっていた。

ルートギャップに関して特に屋外や、現場などの直射日光が当たる場所では、鋼床版の温度によって

表-4 橋軸方向溶接線
ルートギャップおよび目違い(平均)

ブロック	度数	ルートギャップ		目違い
		平均	標準偏差	平均
12 LINE 1	18	4.36	0.926	0.461
12 LINE 2	28	3.03	0.845	1.164
13 LINE 1	27	4.57	1.087	0.306
13 LINE 2	27	3.59	1.337	0.222
16 LINE 1	30	3.00	0.764	0.903
16 LINE 2	30	4.51	0.628	0.552
17 LINE 2	30	2.69	1.454	0.700
18 LINE 1	30	4.49	1.587	0.575
18 LINE 2	30	3.47	1.083	1.742
19 LINE 1	30	5.88	0.832	1.438
19 LINE 2	30	3.13	1.048	0.553
21 LINE 1	27	2.24	0.938	0.748
21 LINE 2	27	3.44	1.341	1.502
22 LINE 1	28	4.90	1.443	0.959
22 LINE 2	28	3.43	1.526	0.493
平均	-	3.782	-	0.821

表-5 橋軸直角方向溶接線
ルートギャップおよび目違い(平均)

ジョイント番号	度数	ルートギャップ		目違い
		平均	標準偏差	平均
J 11	11	4.77	1.937	0.732
J 12	11	4.99	2.097	0.518
J 13	11	7.61	0.287	0.550
J 14	11	3.66	0.863	0.445
J 15	11	4.52	1.141	0.395
J 16	11	7.25	0.630	0.564
J 17	11	6.05	1.099	0.445
J 18	11	2.74	1.799	0.541
J 19	11	7.65	0.227	0.782
J 20	11	4.87	1.396	0.423
J 21	11	5.55	0.927	0.550
J 22	9	6.51	1.021	0.517
平均	-	5.514	-	0.539

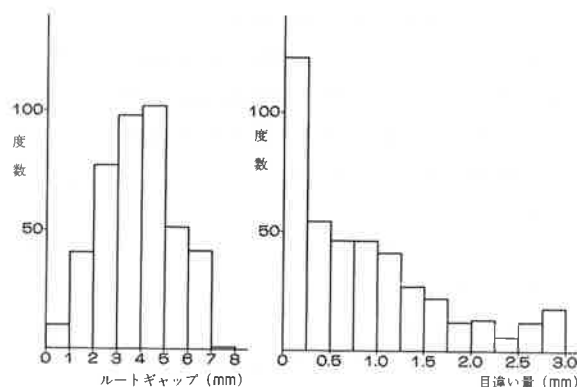


図-9 橋軸方向溶接線
ルートギャップ度数分布図

図-10 橋軸方向溶接線
目違い度数分布図

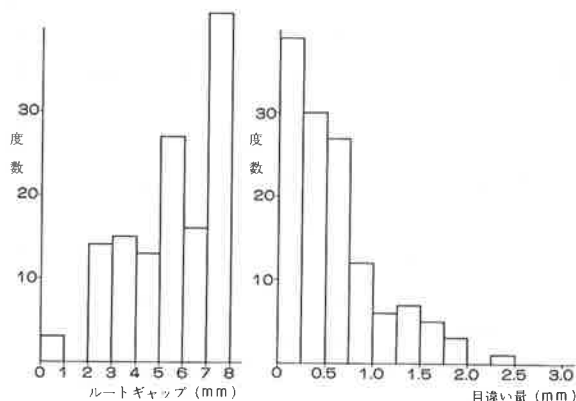


図-11 橋軸直角方向溶接線
ルートギャップ度数分布図

図-12 橋軸直角方向溶接線
目違い度数分布図

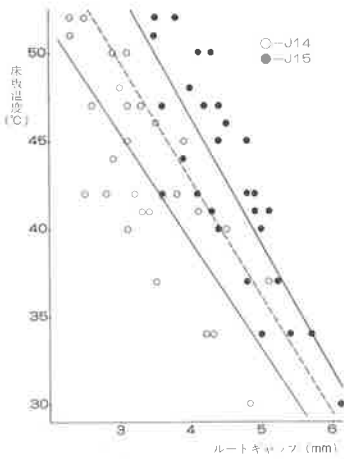


図-13 鋼床版温度変化にともなうルートギャップの変化

数ミリの違いが生ずる。これは、実際の溶接や、キャンパーおよび収縮量の測定にも影響を与えるので今回は温度変化によるルートギャップの変化を、大ブロックの組立時にジョイント J 14、J 15 の 2 箇所において 3 日間測定した。図-13において、J 14、J 15 の 3 回の測定結果と、各々の平均、全体の平均を直線で示す。今回の鋼床版については全体の平均から表面温度が10℃上昇すると、ルートギャップは約1.5mmほど狭くなるという結果が得られた。

(2) 溶接線に対して直角方向の収縮量

a) 橋軸方向溶接線の収縮量

表-6 橋軸方向溶接線の横収縮量 (ℓ 200)

ジョイント番号	溶接線マーク	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12	LINE 1	1.4		1.45		1.65		1.55		1.3		1.6	1.55	2.05	1.7	1.75	2.0
12	LINE 2	1.0		1.3		1.8		1.7		1.7		2.3	1.75	1.6	1.25	1.35	1.6
13	LINE 1	1.3	1.2	1.35	1.3	2.0	1.8	2.1	1.85	1.9	1.85	1.9	2.1	2.1	2.10	2.1	2.15
13	LINE 2	1.45	1.4	1.45	1.65	1.7	1.75	1.85	1.7	2.0	2.15	2.3	2.05	2.25	2.45	2.35	2.15
16	LINE 1	1.45	1.95	2.1	2.0	1.7	1.6	1.5	1.5	1.55	1.7	0.6	1.55	1.6	1.85	1.55	1.25
16	LINE 2	2.7	2.85	2.05	1.85	1.7	2.0	1.9	1.9	0.6	1.75	2.05	2.05	2.1	2.05	1.45	1.9
17	LINE 2		1.2	1.2	1.3	1.5	1.5	1.7	1.7	1.85	1.8	1.85	1.5	1.3	1.45	1.4	2.0
18	LINE 1		1.65	1.6	1.8	1.8	1.75	1.8	1.9	1.8	2.05	1.8	1.8	1.6	1.85	1.85	1.7
18	LINE 2	1.4	1.8	2.1	2.25	2.15	2.1	2.2	1.95	2.0	2.0	1.95	2.0	1.7	1.6	1.65	1.45
19	LINE 1		3.15	2.9	2.8	3.15	2.75	2.7	2.6	2.55	2.75	2.8	2.6	1.95	1.7	1.6	1.5
19	LINE 2		1.9	1.9	2.0	2.35	2.05	2.1	1.9	2.1	2.1	2.1	1.4	1.45	1.4	1.45	1.45
21	LINE 1	2.1	1.9	1.85	1.55	1.65	1.5	1.25	1.4	1.7	2.0	2.05	2.4	2.55	1.75	1.9	2.1
21	LINE 2	1.3	1.1	1.8	2.8	2.65	2.6	2.5	2.7	2.65	2.65	2.55	1.8	3.3	2.25	2.25	2.35
22	LINE 1		3.5	3.1	2.9	3.0	2.55	2.05	2.0	2.35	2.25	2.3	1.9	1.8	1.8	1.3	1.85
22	LINE 2		2.35	2.25	2.1	1.9	1.6	1.8	1.75	1.5	1.65	1.6	1.4	1.55	1.7	1.3	1.4
平均																	
ジョイント番号	溶接線マーク	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		平均
12	LINE 1	1.95	2.2		2.15		2.1		2.25		2.1		2.1				1.83
12	LINE 2	1.75	1.1		2.0		1.85		2.2		1.95		2.35				1.70
13	LINE 1	2.95	2.95	2.75	2.8	2.8	2.7	2.5	2.5	2.55	2.6	2.35					2.16
13	LINE 2	2.1	2.05	2.2	2.2	2.1	2.05	2.1	2.6	2.3	1.95	1.9					2.01
16	LINE 1	1.3	1.55	1.7	1.35	1.75	1.6	1.8	1.7	1.5	1.8	1.4	1.65	1.6	1.7		1.60
16	LINE 2	1.75	1.85	2.0	3.35	1.7	1.8	1.95	1.95	1.75	2.15	2.05	1.85	1.55	1.3		1.93
17	LINE 2	1.4	1.35	1.4	3.15	1.75	1.75	1.7	2.0	1.8	1.6	1.5	1.35	1.6			1.63
18	LINE 1	1.8	2.1	2.25	2.3	2.05	1.95	2.2	2.15	2.2	2.05	2.0	1.75	1.65			1.90
18	LINE 2	1.6	1.4	1.5	1.8	1.75	1.65	1.6	1.7	1.85	1.9	2.1	2.0	1.65	1.85		1.82
19	LINE 1	1.6	1.6	1.8	2.0	1.85	2.0	1.75	1.95	1.85	1.75	1.5	2.0	1.85			2.18
19	LINE 2	1.7	1.65	1.75	1.9	2.05	2.15	1.65	2.15	2.25	2.05	1.6	1.4	1.55			1.84
21	LINE 1	1.85	1.9	1.95	1.7	1.8	1.9	1.7	1.55	1.45	1.05	1.3					1.77
21	LINE 2	2.15	2.0	1.85	1.9	1.95	2.25	2.45	2.6	2.35	1.7	2.1					2.24
22	LINE 1	1.5	1.75	1.65	1.7	1.75	1.9	1.95	1.65	1.7	1.55	1.65					2.05
22	LINE 2	1.45	1.55	1.7	1.3	1.55	1.6	1.65	1.55	1.65	1.3	1.45					1.64
平均																	1.89

表-7 橋軸方向溶接線の横収縮量 (ℓ 600)

ジョイント番号	溶接線マーク	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12	LINE 1	1.75		1.8		1.6		1.3		1.4		1.45	1.6	1.7	1.7	1.85	1.95
12	LINE 2	1.3		1.5		1.65		1.6		1.6		1.75	1.75	1.7	1.8	0.15	1.6
13	LINE 1	1.7	1.3	1.3	1.5	1.6	1.65	1.8	1.9	1.6	1.7	1.85	2.0	2.15	2.15	1.9	2.25
13	LINE 2	1.45	1.5	1.4	1.55	1.5	1.55	1.55	1.75	1.95	2.1	1.95	2.0	2.3	2.45	2.0	2.0
16	LINE 1	1.7	1.8	1.65	1.6	0.4	1.15	1.2	0.9	0.7	1.1	1.15	1.2	1.0	1.05	0.9	0.65
16	LINE 2	2.65	2.1	2.4	2.1	1.85	1.8	1.8	1.8	2.2	1.7	1.7	1.8	1.6	2.0	2.15	1.65
17	LINE 2		1.65	1.4	1.6	1.75	1.8	1.85	1.8	1.6	1.55	1.8	1.4	1.4	1.35	1.45	1.3
18	LINE 1		1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	1.7	1.75	1.65	1.7	1.85	1.8	1.6	1.7	1.65	1.6
18	LINE 2	1.9	2.1	1.95	2.1	2.15	2.2	2.0	2.2	2.2	2.3	2.2	2.0	1.65	1.8	1.75	1.6
19	LINE 1		3.2	2.9	3.1	2.9	2.9	2.75	2.75	2.6	2.4	2.5	2.2	1.9	1.5	1.4	1.2
19	LINE 2		2.4	2.05	2.0	2.05	2.1	1.95	1.9	1.9	1.9	1.5	1.45	1.3	1.35	1.3	
21	LINE 1	3.2	2.65	2.5	2.25	2.45	2.4	2.05	2.05	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	1.95	2.1	2.05
21	LINE 2	4.85	4.25	3.6	3.3	2.9	2.75	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.7	3.4	2.3	2.25	1.7
22	LINE 1		3.8	3.35	3.15	3.2	2.9	2.8	2.6	2.4	2.1	1.45	1.7	1.65	1.4	1.1	1.35
22	LINE 2		2.35	2.2	2.0	1.8	1.75	1.8	1.65	1.65	1.8	1.8	1.3	1.5	1.35	1.2	1.1
平均																	
ジョイント番号	溶接線マーク	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		平均
12	LINE 1	2.0	2.1		1.95		1.95		3.05		2.05		2.5				1.87
12	LINE 2	1.8	1.55		1.3		1.2		1.4		1.3		1.8				1.49
13	LINE 1	2.95	2.7	2.9	2.8	2.85	2.6	2.6	2.7	2.75	3.0	3.0					2.19
13	LINE 2	2.05	2.05	2.0	2.25	2.0	2.25	2.2	2.2	2.2	2.05	2.45					1.95
16	LINE 1	0.85	0.7	1.05	1.3	1.1	1.3	1.35	1.45	1.5	1.3	1.45	1.3	1.7	1.85		1.28
16	LINE 2	1.45	1.4	1.85	1.9	1.75	2.0	1.8	1.7	1.85	1.95	1.5	1.5	1.9	2.2		1.87
17	LINE 2	1.3	1.15	1.5	1.55	1.85	1.5	1.7	1.95	1.75	2.0	1.8	1.8	2.2			1.63
18	LINE 1	1.75	1.05	1.6	2.05	1.95	2.5	2.1	2.0	2.0	2.1	1.9	1.9	1.75			1.80
18	LINE 2	1.75	1.6	1.7	1.45	2.35	1.5	1.8	1.6	1.9	1.8	1.55	1.95	1.95	1.65		1.89
19	LINE 1	1.45	1.35	1.4	2.0	1.9	1.95	1.85	2.0	2.3	2.0	2.0	2.3	2.6			2.19
19	LINE 2	1.3	1.5	1.6	2.0	1.9	1.9	0.85	1.9	1.95	2.0	1.65	1.6	1.75			1.75
21	LINE 1	1.8	1.95	1.7	1.85	1.8	1.7	1.75	1.5	1.65	1.7	1.4					2.09
21	LINE 2	2.15	1.95	1.75	2.15	1.9	2.1	2.1	2.15	2.35	2.7	3.2					2.76
22	LINE 1	1.5	1.6	1.6	1.7	1.85	1.7	1.6	1.7	1.5	1.65	1.5					2.03
22	LINE 2	1.2	1.45	1.5	1.05	1.25	1.3	1.3	1.4	1.4	1.6	1.4					1.54
平均																	1.89

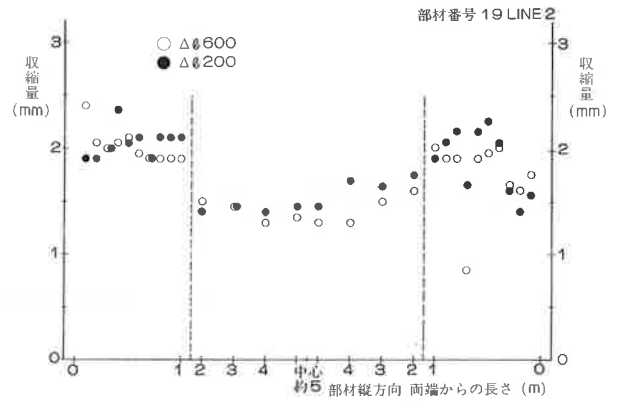
各測定点で測定した溶接線直角方向の収縮量 (Δl_{200} 、 Δl_{600})を表一6、7に示す。また表に準じた各点の収縮量の代表的なグラフを図一14、15、16に示す。そして、全測定点に対する収縮量の平均を、表一8、図一17に示す。

測定値のグラフより、収縮量は端部に近い場所において大きくなる傾向がある。また、溶接後の l_{600} (標点間600mm)、 l_{200} (標点間200mm)の収縮量 Δl_{600} 、 Δl_{200} の関係は、 $\Delta l_{600} < \Delta l_{200}$ という箇所も多く、溶接線より100mm以上離れた場所において伸びているものもあるが、全体に微量のものが多いため平均における収縮量は、 $\Delta l_{600} = 1.88\text{mm}$ 、 $\Delta l_{200} = 1.88\text{mm}$ と、 l_{600} 、 l_{200} の収縮量はほぼ等しく、溶接線を中心とした両側100mm以上離れた位置では、収縮量はほとんど無いと言える。端部より1m以上離れた位置では、 Δl_{600} と Δl_{200} は同じような収縮量を示しているが端部1m以内では異った傾向を示している。これは拘束溶接による変形や、溶接の始末端部における残留応力の影響があるものと思わ

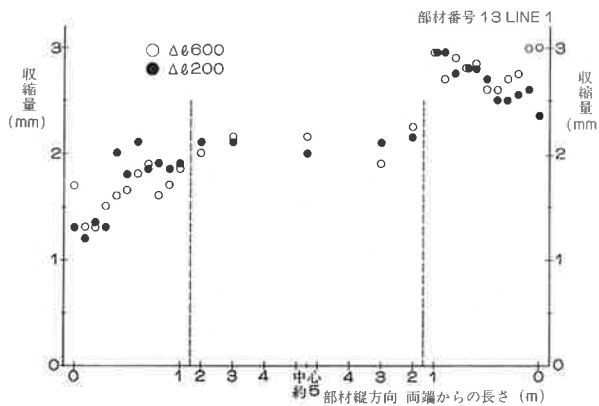
れる。横収縮の全体平均におけるグラフで、中心の値が大きくなったのは、その箇所のデータが少ないため、たまたま大きくなったものと思われる。

b) 橋軸直角方向溶接線の収縮量

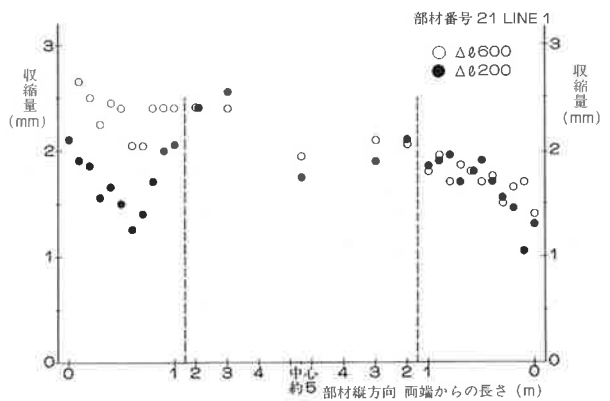
橋軸方向溶接線の収縮量と同様に、 L_{200} 、 L_{600} の収縮量を表一9に示す。また、代表的グラフを図一18、19に示す。そして、全測定点の各点別収縮量の



図一14 基準点における横方向の溶接後の収縮量



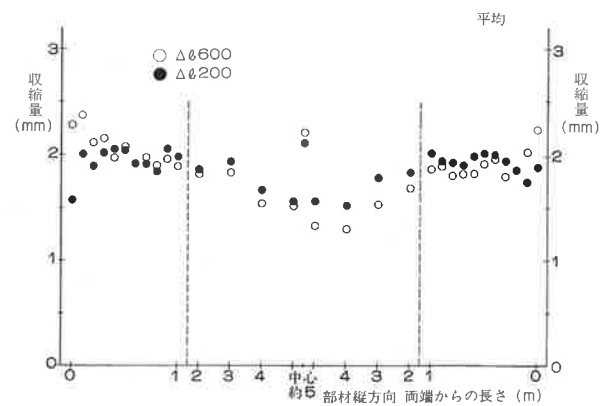
図一15 基準点における横方向の溶接後の収縮量



図一16 基準点における横方向の溶接後の収縮量

表一8 橋軸方向溶接線
両端から各点における平均収縮量

両端からの距離	l_{600}	l_{200}
右から0	2.28	1.57
	2.37	2.00
	2.11	1.89
	2.15	2.02
	1.97	2.05
	2.07	2.04
	1.92	1.91
	1.97	1.91
	1.90	1.84
	1.96	2.05
1 m	1.89	1.98
	1.82	1.86
	1.83	1.93
	1.54	1.67
	1.52	1.56
中心	2.21	2.11
	1.33	1.56
	1.29	1.52
	1.53	1.78
	1.68	1.83
1 m	1.86	2.10
	1.89	1.94
	1.80	1.92
	1.82	1.90
	1.82	1.98
	1.91	2.01
	1.96	2.00
	1.79	1.94
	1.86	1.85
	2.02	1.74
左から0	2.23	1.88
	平均 (mm)	1.88



図一17 基準点における横方向の溶接後の収縮量

平均のグラフを図一20に示す。

L_{200} 、 L_{600} についての収縮量は、図一18、19、20から始端部①から終端部⑩に向って徐々に収縮量が大きくなる傾向がある。拘束溶接とラップする部分⑨近傍において、収縮量が最大になるグラフもいくつか見られる。

標点間隔1000mmで測定した L_{1000} の収縮量を、

表-9 橋軸直角方向L200、L600における収縮量

収縮量 (mm)	ジョイント番号	溶接マーク	溶接線マーク											平均
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
収縮量 (mm)	J11	L600	0.65	-0.4	0.85	1.45	1.05	1.15	1.65	1.95	2.25	1.65	1.3	1.232
		L200	0.55	0.9	1.15	1.1	0.9	1.5	1.5	1.85	1.7	1.4	1.2	1.25
	J12	L600	1.85	2.85	1.8	1.9	1.95	1.55	1.25	1.75	0.95	0.7	0.15	1.518
		L200	1.7	1.65	1.8	1.7	1.9	1.55	2.1	1.35	0.9	0.1	-0.2	1.323
	J13	L600	-0.2	0.3	-0.2	0.15	0.2	-0.1	-0.05	0.5	0.85	0.3	-0.3	0.132
		L200	-0.55	-0.05	0.4	0.2	-0.2	0.1	0.15	0.65	1.0	0.5	0.05	0.205
	J14	L600	0.45	-0.6	-0.6	-1.2	-0.2	-0.4	0.7	0.9	1.65	1.4	0.9	0.273
		L200	0.5	-1.05	-0.45	-0.95	-0.1	0.15	0.8	1.05	1.15	0.85	1.3	0.295
	J15	L600	1.95	1.2	1.9	1.65	1.6	2.55	2.05	2.65	2.65	2.1	2.7	2.091
		L200	0.95	1.4	1.8	1.8	2.05	2.65	2.55	2.55	2.75	1.85	1.95	2.027
	J16	L600	4.25	2.95	3.7	3.5	2.95	3.4	3.2	3.6	3.1	2.25	2.35	3.205
		L200	3.15	3.1	3.05	3.45	3.5	3.95	3.2	3.45	3.1	2.65	2.2	3.164
	J17	L600	1.7	1.3	2.0	0.8	2.6	1.35	1.95	2.05	3.5	2.8	4.9	2.268
		L200	1.5	1.6	1.9	1.65	2.0	1.75	1.4	1.95	2.5	3.3	4.4	2.177
	J18	L600	1.1	1.1	1.2	1.4	0.45	1.55	1.0	0.35	0.6	0.25	1.85	0.986
		L200	1.15	1.15	1.1	1.3	1.2	1.4	1.2	0.6	1.25	0.35	1.85	1.141
	J19	L600	0.8	1.3	1.65	0.65	1.3	2.05	1.45	2.7	2.25	1.65	2.3	1.645
		L200	0.25	0.8	1.25	1.3	1.5	2.65	1.9	2.8	2.65	2.45	2.2	1.795
	J20	L600	-1.85	-1.4	-0.75	-1.6	-0.25	-0.05	-0.05	1.4	0.5	0	1.05	-0.273
		L200	-1.65	-1.4	-1.2	-0.35	-0.25	0.75	0.6	0.55	1.55	0.75	0.5	-0.014
	J21	L600	1.35	0.5	1.6	1.6	1.7	1.8	2.4	1.95	2.1	1.45	0.65	1.555
L200		0.9	1.25	1.75	1.5	1.4	1.7	2.0	2.55	2.6	2.3	(8.45)	1.795	
平均	L600	1.95	0.827	1.195	0.936	1.214	1.35	1.414	1.8	1.855	1.323	1.623	1.330	
	L200	0.768	0.85	1.141	1.155	1.264	1.65	1.582	1.759	1.923	1.5	1.545	1.378	

()は異常値と思われるため計算値よりはらずした。

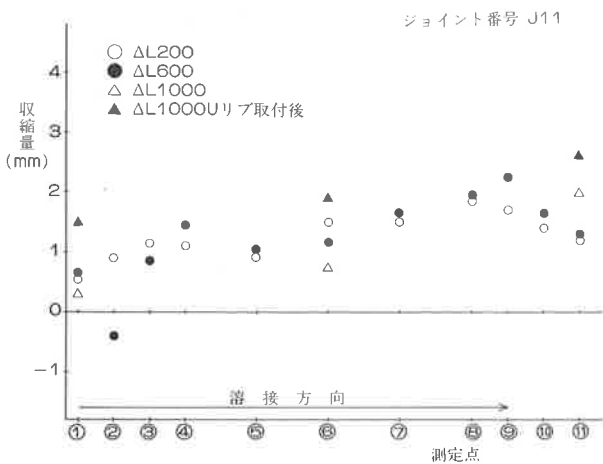


図-18 基準点における溶接後の収縮量

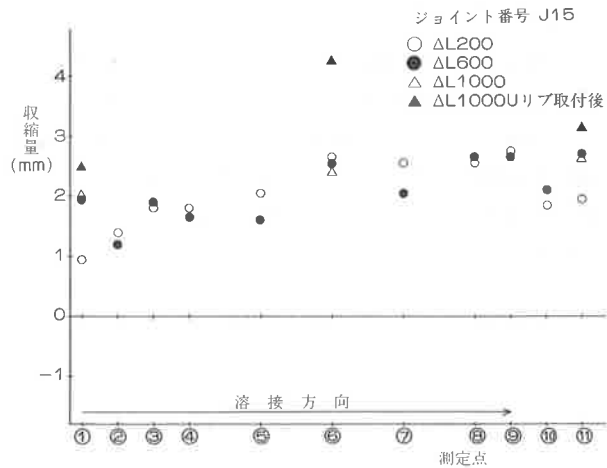


図-19 基準点における溶接後の収縮量

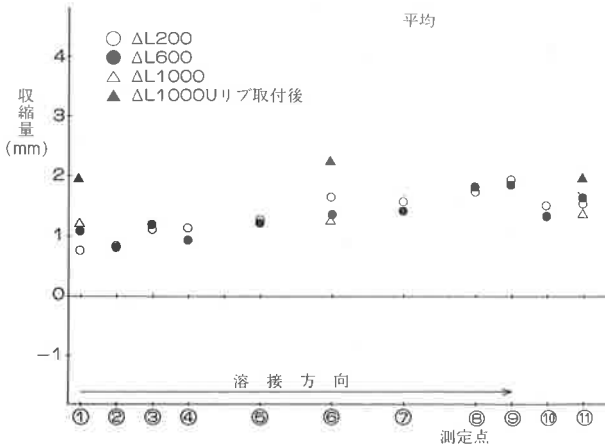


図-20 基準点における溶接後の収縮量

表-10に示す。閉断面リブを取り付けることによって収縮する量は、約0.8mm程度であることが解る。L200、L600、L1000の収縮量の平均において、L200>L600>L1000と、標点間距離が長くなるにつれて収縮量が少しづつ小さくなっていく。これは溶接線付近で収縮した部材に対して、自由収縮ができないためにL600、L1000の部分に引張応力が加わっているものと考えられる。

表-10 橋軸直角方向
L1000における収縮量

ジョイント番号	測定点マーク	溶接後収縮量(mm)	リブ取付後収縮量(mm)	全収縮量(mm)
J11	1	0.3	1.2	1.5
	6	0.75	1.15	1.9
	11	2.0	0.6	2.6
	平均	1.017	0.983	2.0
J12	1	2.2	-	-
	6	1.65	0.8	2.45
	11	0.2	0.4	0.2
	平均	1.217	0.6	1.325
J13	1	0.85	0.85	1.7
	6	-0.3	1.8	1.5
	11	1.3	0.3	1.6
	平均	0.617	0.983	1.6
J14	1	0.65	0.3	0.95
	6	-0.15	1.15	1.0
	11	1.05	1.1	2.15
	平均	0.517	0.85	1.367
J15	1	2.0	0.5	2.5
	6	2.4	1.85	4.25
	11	2.65	0.5	3.15
	平均	2.35	0.95	3.3
J16	1	3.6	0.45	4.05
	6	3.7	1.4	5.1
	11	2.2	0.4	2.6
	平均	3.167	0.75	3.917
J17	1	1.6	0.85	2.55
	6	1.6	0.75	2.35
	11	4.35	0.7	5.05
	平均	2.517	0.8	3.317
J18	1	1.0	0.9	1.9
	6	2.0	0.95	2.95
	11	-2.6	-0.2	-2.8
	平均	0.133	0.25	0.383
J19	1	1.3	0.9	2.2
	6	1.8	0.5	2.3
	11	2.3	0.7	3.0
	平均	1.8	0.7	2.5
J20	1	-1.5	1.25	-0.25
	6	-0.45	0.75	0.3
	11	0.45	0.85	1.3
	平均	-0.5	0.95	0.45
J21	1	1.5	1.2	2.7
	6	1.35	0.4	1.75
	11	1.8	0.95	2.75
	平均	1.55	0.85	2.4
平均	1	1.227	0.85	1.98
	6	1.305	0.964	2.269
	11	1.391	0.573	1.964
	平均	1.308	0.796	2.071

つぎにジョイント別平均収縮量のグラフを示す。図-21はL200とL600を比較したもので、図-22はL1000における鋼床版溶接後と、その後に閉断面リブを溶接したものの収縮量の比較である。L200、L600、L1000ともにデッキ中央部であるJ16において最も収縮量が大きく、その後両側に減少してゆき、端部近くになるとまた増加している。これは溶接順序と大きな関係があると思われる。溶接順序はJ17からJ21まで終了後、J16からJ11を溶接したものである(図-2参照)。

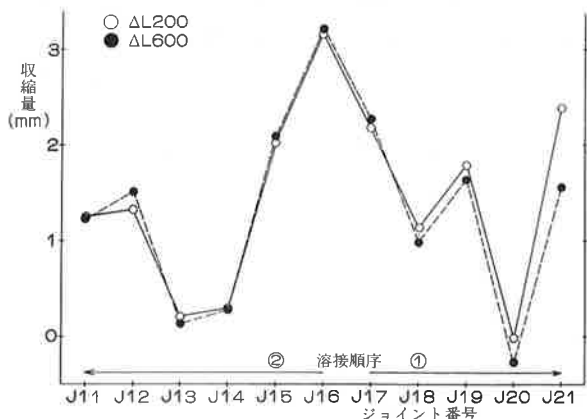


図-21 ジョイント別平均収縮量 (L200、L600)

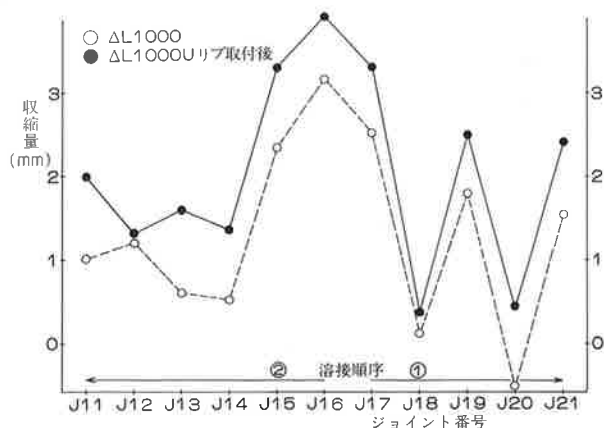


図-22 ジョイント別平均収縮量 (L1000)

(3) 溶接線に対して平行方向の収縮量

a) 橋軸方向溶接線の収縮量

溶接線に平行なA、B、C、D線に沿った収縮量測定結果を表-11-1、2、表12-1、2に示す。また、端部から100mmづつの収縮量を図-23、24、25に、端部から1000mmまでの累積収縮量を図-26、27、28に示す。

100mmづつの収縮量の変化より、なかには大きなものもあるが、全体では0.5mm以内で伸縮している。工程上端部をガス切断した後、200mmの点から収縮量を測定したものは、端部において1mm程度伸びているものが多い。これはガス切断によって鋼床版中の残留応力が解放され伸びたものと考えられる。

端部1000mmまでの累積変化量を見ると、図-26、部材番号13、LINE1、堺方向のグラフのように、多少の増減はあるがほとんど縦収縮はないものと思われる。ただし、図-27、部材番号21、LINE1、堺方向のグラフのように、溶接線から100mm離れた線であるB、Cが、300mm離れた線であるA、Dよりも収縮量が多いというグラフが得られ、溶接線近傍が収縮量が多いことを再確認した。ガス切断後測定したものは、図-28、部材番号19、LINE2、堺方向のグラフのように、端部での伸びの影響を受け、他の点ではあまり伸縮していないが、全体としては伸びている。

表-11-1 橋軸方向溶接線端部1mの縦収縮量(大阪方向)

端部からの距離		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
12 LINE 1	A		0.25			-0.15					
	B		0.2			0.1					
	C		-0.15			0.2					
	D		-0.1			0.25					
12 LINE 2	A	0.05				-0.05					0.1
	B	-0.15				0.2					-0.05
	C	-0.1				-0.15					0
	D	0				-0.15					0
13 LINE 1	A	-0.25	0.2	-0.3	0.15	0.1	0.05	0.2	-0.15	0.2	-0.4
	B	-0.05	0.05	-0.05	0.35	0	-0.1	-0.4	0.3	0.2	-0.2
	C	-0.1	-0.25	0.35	0.2	-0.1	0.15	0.15	-0.25	0.1	-0.35
	D	-0.05	-0.15	-0.15	0.15	0.1	0	0	0	0	-0.05
16 LINE 1	A	0.1	-0.1	0.3	-0.7	2.05	-0.75	0	0.05	-0.05	-0.15
	B	0.1	0.2	-0.45	0.25	0.25	0.2	-0.1	-0.1	-0.25	0.6
	C	0.8	-0.95	0	-0.2	0.15	0.1	-0.15	0.05	0.2	0.1
	D	1.25	-1.35	0.15	-0.25	0	-0.1	0.3	-0.55	0.4	-0.15
16 LINE 2	A	-0.1	0.4	-0.2	-0.25	-0.05	-0.05	0.25	0	-0.25	0.3
	B	0.2	0.35	-0.1	-0.05	0	0.05	0.15	0.15	-0.25	-0.7
	C	0.4	0	0.35	-0.4	0.15	-0.05	0.6	0.05	0.3	-0.4
	D	0.2	-0.2	0.25	-0.35	0.1	0.1	-0.05	-0.05	-0.1	0.3
17 LINE 2	A		-1.15	0.3	-0.05	0.1	-0.15	0.15	0	0.1	-0.15
	B		-1.2	0.25	0.1	0.2	0	0.15	-0.2	0.05	1.45
	C		-1.1	0.25	0.05	0.1	0	0.1	0	-0.5	0.45
	D		-1.1	-0.1	0	0	0	0	0	0.1	-0.1
18 LINE 1	A		-0.75	-0.05	0.65	-0.35	-0.15	-0.1	-1.1	1.3	0
	B		-0.5	-0.15	0.45	-0.1	-0.25	0.6	-0.35	0	0.05
	C		-0.7	-0.15	0.2	0	0.2	-0.25	-0.35	0.2	-0.25
	D		-0.6	-0.25	0.7	-0.25	-0.3	0.15	-0.25	0	0.1
18 LINE 2	A		-0.8	0.15	-0.45	0.4	-0.1	0	-0.2	-0.05	0.45
	B		-1.0	0	0.25	0.15	-0.05	0.1	-0.3	0.2	0.15
	C		-0.65	-0.15	0.35	0.1	-0.25	0.45	-0.2	0.3	-0.35
	D		-0.85	0.05	0.05	0.3	-0.2	-0.05	0.15	-0.2	0.4

表-11-2 橋軸方向溶接線端部1mの縦収縮量(大阪方向)

端部からの距離		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
19 LINE 1	A		-0.8	0.15	-0.05	-0.2	0.2	-0.2	0.1	0.05	-0.45
	B		-1.0	0	0.4	-0.1	0	0.1	-0.15	-0.05	-0.15
	C		-0.7	0.1	0.25	0.2	-0.25	0.15	-0.1	0.15	-0.05
	D		-0.9	0	0.3	-0.35	0.15	-0.2	0.1	0.05	-0.25
19 LINE 2	A		-1.1	0.25	0	-0.05	0.1	-0.05	-0.2	0.25	-0.3
	B		-0.85	0.25	0.2	-0.25	0.15	0	-0.1	0.05	-0.05
	C		-1.0	-0.05	0.2	-0.15	0.2	0	-0.1	0.05	-0.15
	D		-1.0	0.05	0.3	-0.35	0.2	-0.05	-0.1	0	-0.15
21 LINE 1	A	0.1	-0.1	1.15	-1.3	0.7	-0.65	0.05	-0.25	0.15	0.45
	B	-0.1	0.25	0.45	-0.15	-0.25	0.3	-0.15	0.4	-0.25	0.1
	C	-0.25	0.25	0.8	0.5	-0.05	-0.1	0.05	0.4	0.25	0.05
	D	0	0	0.3	0.1	-0.1	0.1	0	0.55	-0.15	0.05
21 LINE 2	A	0.2	0.35	0.6	-0.1	-0.1	0.25	-0.05	0	-0.05	0
	B	-0.5	0.55	0.7	0.15	0.3	0	0.1	0.1	0	0.2
	C	-0.1	0.45	0.05	-0.05	-0.15	0.1	0.25	-0.25	0.15	-0.05
	D	0.05	-0.05	0.1	0.2	0.05	-0.05	-0.15	0.35	0.05	-0.35
22 LINE 1	A		-1.05	0.2	-0.15	0.25	-0.2	0.3	0.05	-0.25	0
	B		-0.4	0.05	0.25	-0.1	0.2	-0.1	0.1	-0.05	0
	C		-0.7	0.3	0.2	0.55	0	0.15	-0.2	0.15	0.15
	D		-1.05	-0.15	0	0.65	-0.15	0.15	0.1	-0.25	0.15
22 LINE 2	A		-0.85	-0.1	0.35	0.2	-0.35	0.15	0.05	-0.45	0.35
	B		-0.7	-0.1	0.05	0.15	0.55	-0.15	0.05	0.15	-0.1
	C		-0.45	-0.05	0.15	0.2	0.05	-0.1	0	-0.35	0.25
	D		-1.0	0.4	-0.1	-0.15	0.05	-0.05	0.35	-0.3	0.15

表-12-1 橋軸方向溶接線端部1mの縦収縮量(堺方向)

端部からの距離	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
12 LINE 1	A		0.15			0.1					
	B		-0.05			0.25					
	C		0.2			-0.05					
	D		-0.1			-0.1					
12 LINE 2	A	-0.15				0.2				0.2	
	B	-0.1				0.1				0.3	
	C	-0.1				0.15				0	
	D	-0.2				-0.1				0.2	
13 LINE 1	A	0.1	-0.2	-0.1	0.1	0.2	-0.15	0.05	-0.2	0.25	-0.1
	B	-0.15	0.4	0.05	0	-0.85	0	0.05	0	0.05	-0.1
	C	-0.05	0.05	0.1	-0.1	0.1	0.2	-0.25	0.05	0	-0.15
	D	-0.15	0.3	-0.15	0	0	0	-0.45	0.4	0.15	-0.35
16 LINE 1	A	0.4	0.05	0.2	0.1	0.45	-0.5	0.3	-0.1	-0.05	0.15
	B	0.55	-0.35	0.55	0.25	0.1	-0.65	-0.35	0.2	-0.2	0
	C	-0.15	0.40	-0.45	-0.8	0.4	0.9	-0.1	-0.05	-0.15	0.4
	D	0.15	-0.35	-0.2	-0.5	-0.2	0.15	0.1	-0.45	-0.2	0.6
16 LINE 2	A	-0.3	0.4	-0.1	-0.2	0.5	-0.4	0.3	0	0.1	-0.15
	B	0.4	-0.1	0.45	-0.45	0.35	-0.1	-0.25	0.05	0.25	-0.75
	C	-0.3	0.1	0.7	-0.35	0.2	0	0.05	0.1	0.05	-0.3
	D	0	0	0.1	0	-0.1	-0.2	0.35	0.05	0.4	-0.75
17 LINE 2	A		-1.3	0.1	0.25	-0.15	0.1	-0.2	0.2	0	0
	B		-1.1	0.25	0	0.15	0	0.15	0.15	-0.1	0.1
	C		-1.05	1.05	-0.9	0.2	-0.15	0.25	-0.05	-0.05	-0.05
	D		-2.2	1.05	0.15	-0.1	-0.05	0.05	0	0	0.05
18 LINE 1	A		-0.75	-0.3	0.25	-0.15	-0.1	0.25	0.05	-0.25	0.45
	B		-0.9	-0.1	0.3	-0.25	0	0.15	-0.1	0.2	-0.1
	C		0.35	-1.05	0.4	-0.3	0.1	0.15	0.05	0.1	-0.2
	D		-0.75	0.15	-0.35	0.05	-0.1	0	-0.05	0.2	-0.15
18 LINE 2	A		-0.8	0.25	0.25	0	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	0.1
	B		-0.7	0.15	0.35	-0.2	0.2	0.05	-0.15	-0.3	0.2
	C		-0.45	0.15	-0.1	0.15	0.1	0.05	0	0.1	0.1
	D		-0.7	-0.2	0.45	-0.4	-0.05	0.2	0	-0.1	-0.1

表-12-2 橋軸方向溶接線端部1mの縦収縮量(堺方向)

端部からの距離	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
19 LINE 1	A		-1.05	0	0.25	-0.15	0.05	-0.2	0.05	0
	B		-0.75	0.05	0.15	-0.1	0.1	0.2	-0.05	-0.05
	C		-0.9	0.15	0.25	-0.3	0.05	-0.05	0	0.15
	D		-0.8	-0.1	0.15	-0.15	0.15	0	-0.05	0.1
19 LINE 2	A		-0.8	0.05	0	-0.2	0.05	-0.1	0.1	-0.05
	B		-0.95	0	0.15	-0.2	0.1	-0.05	0.15	0
	C		-0.7	-0.05	0.25	-0.2	0	-0.1	0.2	-0.05
	D		-0.9	-0.15	-0.05	0.05	-0.05	0.05	-0.1	0.25
21 LINE 1	A	0	-0.1	0.2	-0.05	-0.05	0	-0.15	0	0.05
	B	-0.2	0.4	0.35	-0.35	0.15	0.05	0.05	0	0.05
	C	0	-0.05	0.4	-0.15	0.1	0.1	0	0	0.1
	D	-0.1	0.15	-0.15	0.15	0.05	-0.2	0.15	0.05	-0.1
21 LINE 2	A	0.05	-0.05	0.15	0.15	-0.2	0.2	-0.2	0.1	0
	B	0.15	0.65	0.15	-0.45	0.7	-0.2	0	0.1	-0.1
	C	0.35	0.05	-0.05	0.1	0.05	0.2	-0.2	0.2	-0.05
	D	0.65	-0.65	-0.15	0.15	0	-0.1	0.15	-0.05	0.3
22 LINE 1	A		-0.85	-0.2	0.25	0	0.05	-0.15	0.05	0
	B		-0.95	-0.2	0.5	0	0	0	0.05	0.05
	C		-1.0	0.3	-0.05	0.15	0.15	0.15	0.1	0
	D		-1.05	-0.1	0.25	0.05	0.1	-0.15	0.25	0
22 LINE 2	A		-0.65	-0.4	0.3	0.2	-0.05	0.1	-0.4	0.1
	B		-0.85	-0.15	0.3	0.25	-0.2	0.1	0.05	0.1
	C		-1.0	0.35	0.15	-0.05	0	0	-0.15	0.05
	D		-1.1	0	0.45	-0.25	0	0.25	-0.1	0.2

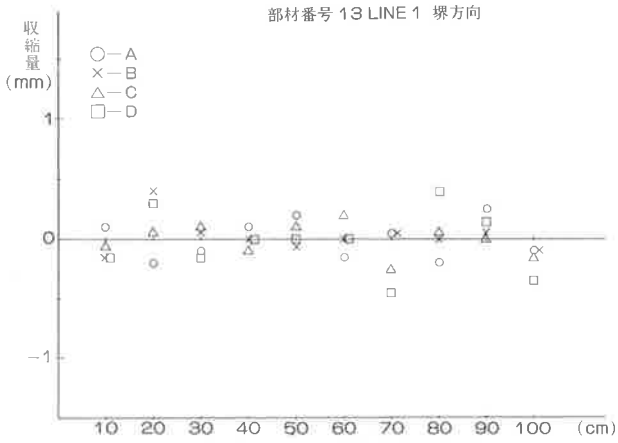


図-23 橋軸方向溶接線縦方向の収縮量

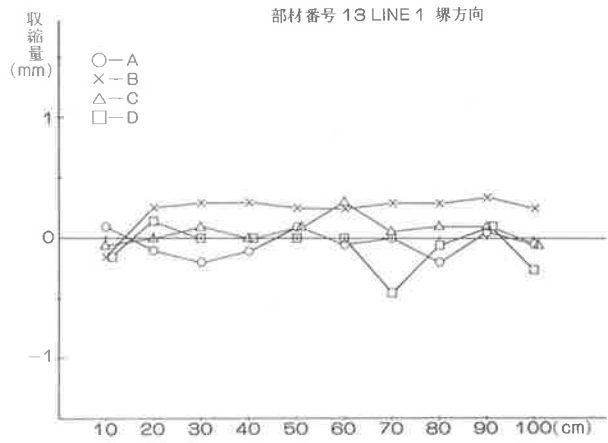


図-26 橋軸方向溶接線縦方向の収縮量(累積値)

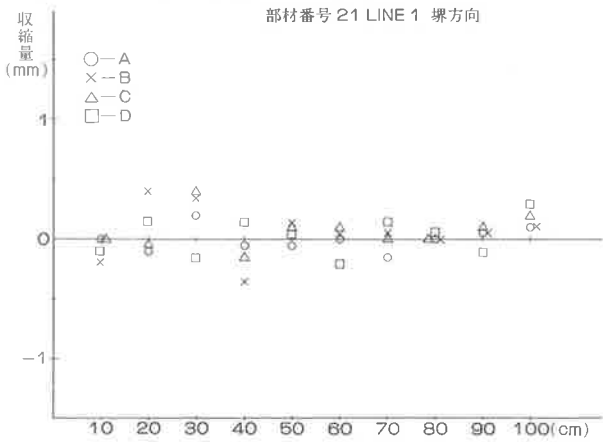


図-24 橋軸方向溶接線縦方向の収縮量

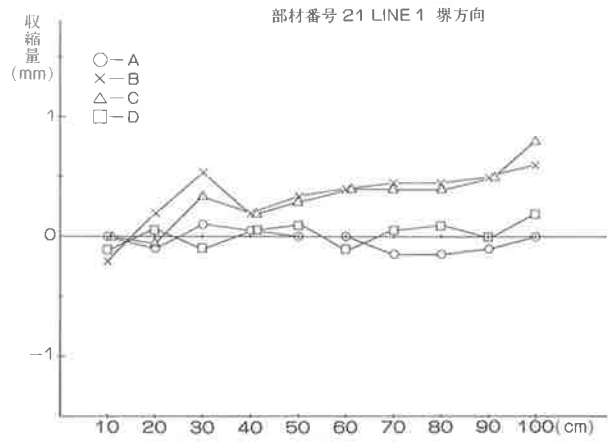


図-27 橋軸方向溶接線縦方向の収縮量(累積値)

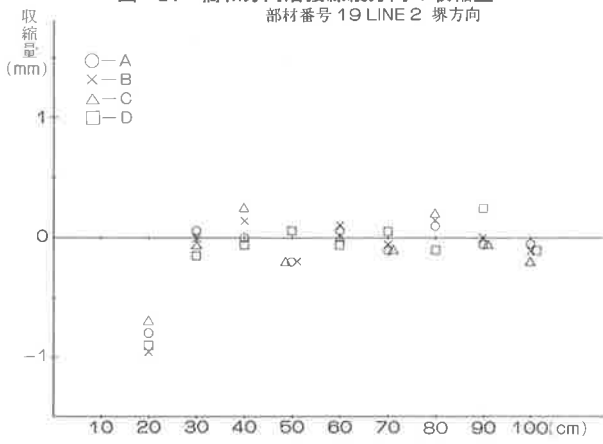


図-25 橋軸方向溶接線縦方向の収縮量

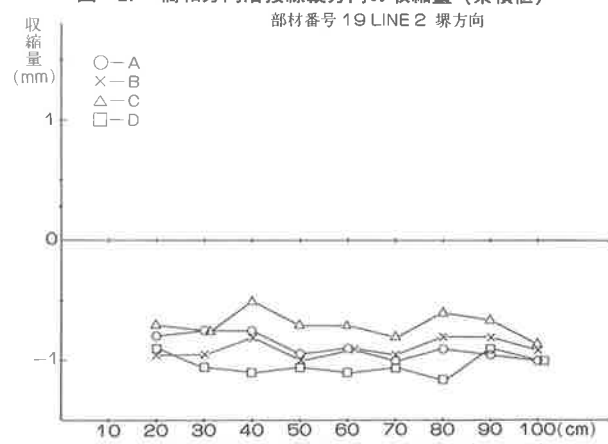


図-28 橋軸方向溶接線縦方向の収縮量(累積値)

b) 橋軸直角方向溶接線の収縮量

縦収縮量の測定結果を表-13に示す。橋軸方向溶接線ほど厳密な測定はせず、全長を測定するにとどめた。結果は、全長平均10,355mmに対して平均0.73mmとなった。

(4) 橋軸直角方向溶接線ウェブの開き

ウェブの収縮量について測定した結果を、表-14に示す。その結果をグラフに表わしたものを図-29、30に示す。

ウェブの下側 b については、50%ほどボルト締めがしてあったせいもあり、0.02mmとほとんど収縮量は無い。ウェブの上側のボルト穴のずれ r は、平均0.669mmの収縮量はあるが、図-29、30のグラフではほとんど規則性はなく、収縮量もまちまちである。

表-13 橋軸直角方向溶接線縦方向収縮量

ジョイント番号	収縮量 (mm)
J 11	-
J 12	2.0
J 13	0.3
J 14	1.5
J 15	1.0
J 16	-0.5
J 17	2.0
J 18	0
J 19	0.5
J 20	0
J 21	0.5
J 22	-
平均	0.73

表-14 溶接後ウェブの収縮量

ジョイント番号	R側				L側			
	a	b	r ₁	r ₂	a	b	r ₁	r ₂
J11	0.6	-0.3	0.5	-0.1	0.6	0	0.9	0.15
J12	1.3	0.1	1.9	-0.15	0	-0.1	0.1	0.25
J13	0	-0.7	-0.1	0	0.9	0	0.6	-0.1
J14	1.6	1.1	0.05	-	-	-0.2	0	1.4
J15	1.9	-0.1	2.4	0.5	3.3	0	0.15	-0.45
J16	0.1	0	1.15	2.4	0	0	-1.2	-0.5
J17	4.9	0	2.9	-1.0	2.3	0.1	0.35	0
J18	0.7	-0.1	-0.1	0.8	1.1	0.3	2.85	1.1
J19	1.6	0	2.0	2.4	1.8	0	-0.35	1.8
J20	0.1	0	-2.15	2.05	0.6	0	-0.3	-0.85
J21	1.7	0.2	-0.4	2.85	1.9	0	-0.6	2.25
J22	2.0	0.1	0	0.55	3.4	0.1	1.4	2.35
平均	1.38	0.03	0.679	0.936	1.45	0.02	0.325	0.758

	a	b	r
全体平均	1.41	0.02	0.669

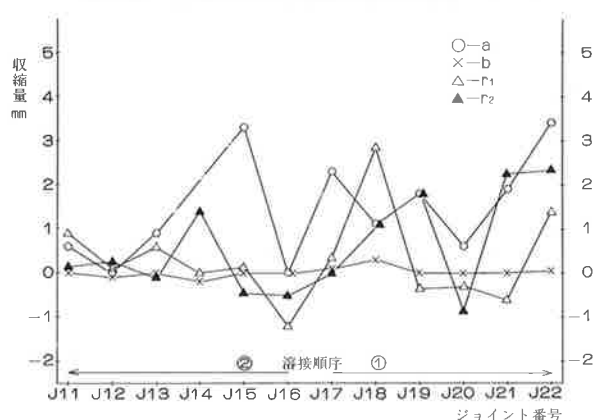


図-29 ジョイント別ウェブの収縮量 L側

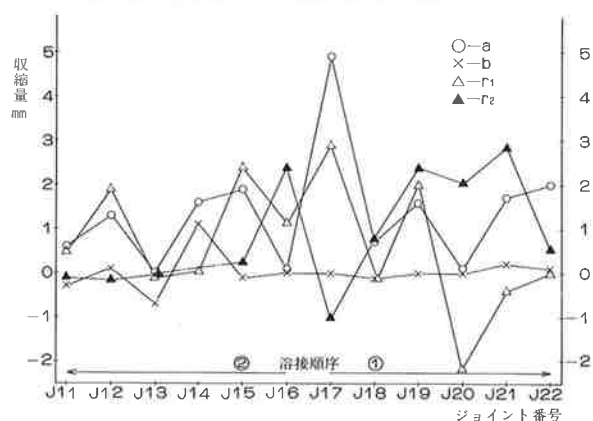


図-30 ジョイント別ウェブの収縮量 R側

5. まとめ

この測定結果より、橋軸方向溶接線の収縮量は、横収縮においては、2.0~2.5mmほどと考える。縦方向収縮量については、溶接線によって多少異ってはいるが、今回のように溶接後に長さ調整（端部を切断）をするような施工法の場合には、縦方向収縮量はまったく考慮する必要はないと考える。また、架設時の現場溶接で、橋軸方向溶接線がある場合でも、収縮量は0.5mm程度であり、ルートギャップの許容値にも十分納まり、橋長キャンバーにもほとんど影響を与えることはないと考える。

橋軸直角方向溶接線についても横収縮量については、2mm程度の収縮量を見込めば良いと考える。また閉断面リブの溶接についても、収縮量はキャンバーに影響を与えるので十分考慮する必要があり、

今回の場合0.8~1.0mmほどであるという結果であった。

今回は、床版の温度変化と、ルートギャップの関係についても測定し、測定した3日間のルートギャップの違いは、最大と最小で2.5mmほどの違いを生じた。溶接に関しては下フランジとの温度差もあまりない方が溶接環境には適していると思われるが、実際の溶接による収縮量にはさほど影響はなかった。

橋軸直角方向溶接線のジョイント別平均収縮量を見てみると、最大値と最小値において、3mm程度の収縮量の差がある。普通、溶接順序としては内側から外側に向って溶接されるが、今回も同様の順序で溶接を行った。これは、この溶接順序または溶接位置によるものと思われる。橋軸方向に対する全体の収縮量については、平均値から推測することができるが、キャンバーに対しては位置による収縮量を考慮する必要があると考える。

参考文献

- 1) 夏目：溶接変形の発生とその防止、溶接学会誌、Vol52、No. 8、Oct.1983